

TARTU ÜLIKOOL
Spordipedagoogika ja treeninguõpetuse instituut

Marko Mumm

**Alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajad
jõutõstjatel: seos keha koostise ja luutihedusega ning muutused
ühekordse maksimaaljõudu arendava treeningu mõjul**
Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja: prof. Mati Pääsuke

Tartu 2013

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1. Antropomeetrilised näitajad ja keha koostis jõutõstjatel	7
1.2. Jõutõstjate treening	10
1.3. Väsimus treeningul	14
1.4. Küki tehnika analüüs	15
1.5. Bilateraalne jõudefitsiit	16
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	20
3. TÖÖ METOODIKA	21
3.1. Vaatlusalused	21
3.2. Küki maksimaaljõudu arendav treening jõusaalis	21
3.3. Uurimismeetodid	22
3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised	22
3.3.2. Keha koostise ja luutiheduse määramine	23
3.3.3. Alajäsemete isomeetrilise maksimaaljõu määramine	24
3.3.4. Väsimuse subjektiivne hindamine	25
3.3.5. Lihaste bioelektrilise aktiivsuse määramine	25
3.4. Uuringu korraldus	26
3.5. Andmete statistiline analüüs	27
4. TÖÖ TULEMUSED	28
4.1. Alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajate seosed keha koostise ja luutihedusega	28
4.2. Ühekordse küki maksimaaljõudu arendava treeningu mõju alajäsemete funktsionaalsele seisundile	31
5. ARUTELU	39
5.1. Keha koostise ja luutiheduse näitajad	39
5.2. Alajäsemete sirutajalihaste jõu seosed antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajatega	41
5.3. Ühekordse maksimaaljõudu arendava küki treeningu mõju alajäsemete sirutajalihaste funktsionaalsele seisundile	41
6. JÄRELDUSED	46
KASUTATUD KIRJANDUS	47
SUMMARY	51
LISAD	52

KASUTATUD LÜHENDID

BF – *m. biceps femoris caput longum*

BL – bilateraalne pingutus

BLD – bilateraalne jõudefitsiit

EMG – elektomüograafia

G₂₀₀ – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 200 ms pärast jõuarenduse algust

G_{25%} – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 25% jõuarenduse juures

G_{50%} – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 50% jõuarenduse juures

G_{75%} – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 75% jõuarenduse juures

F_{BL} – bilateraalset pingutust registreeritud isomeetriline maksimaaljõud

F_{dom} – dominantse jala unilateraalset pingutust registreeritud isomeetriline maksimaaljõud

F_{mdom} – mittedominantse jala unilateraalset pingutust registreeritud isomeetriline maksimaaljõud

iEMG - integreeritud EMG

J_{dom} – dominantne jalg

J_{mdom} – mittedominantne jalg

KM – ühekordne kordusmaksimum

KMI – kehamassi indeks

KMJT – küki maksimaalse jõu treening

RF – *m. rectus femoris*

RMS – ruutkeskmine

SE – aritmeetilise keskmise standardviga

SOL – *m. Soleus*

TA – *m. tibialis anterior*

UL – unilateraalne pingutus

SISSEJUHATUS

Maksimaalne jõud on võime genereerida lihasjõudu tahtelisel isomeetrilisel kontraktsioonil (Tan, 1999). Jõutõstmist iseloomustab kõrge lihasjõu taseme arendamine selleks, et tõsta maksimaalseid raskusi (Fry jt. 2003). Maksimaalse jõu alusel võistlemine on omane ainult jõutõstmisele ja mitte ühelegi teisele spordialale. Samas on see väärtuslik võime paljudele sportlastele, sest maksimaaljõud loob üldise baasi, mis toetab treeningut teistes kehalise ettevalmistuse sfäärides (Tan, 1999). Maksimaaljõu efektiivne arendamine on oluline paljudele spordialadele. Sellest hoolimata on jõutõstjaid kui maksimaaljõu treenijaid suhteliselt vähe uuritud.

Jõutõstmist maailma tasemel koordineerib Rahvusvaheline Jõutõsteliit (ingl. *International Powerlifting Organisation*, IPF). IPF tunnustab järgnevaid tõstmise liike, mida peab läbi viima samas järjekorras kõikidel IPF-i reeglite raames läbiviidavatel võistlustel: kükk, lamades surumine, jõutõmme. Igal võistlejal on lubatud sooritada kolm katset igal tõstel. Tõstja parimad sooritatud katsed igal alal liidetakse võistluse kogusummaks. Võistlemine toimub erinevates kategooriates, mille aluseks on sugu, kehakaal ja vanus. Kõikidel IPF-i reeglistiku järgi peetavatel võistlustel selgub absoluutne võitja wilks'i punktide (suhtelise jõu näitaja) alusel (IPF, 2012). Wilks'i valem korrutab tõstja kehamassil baseeruva indeksi edukalt sooritatud tõstega, nii et erineva kehakaaluga sportlasi saab võrrelda üksikute tõstete kui ka kogusumma arvestuses (Anderburghi ja Batterhami, 1999). Anderburghi ja Batterhami (1999) uurimus näitas, et wilks'i valemi alusel tõstete kohandamine kehakaalule tundub olevat valideeritud meetod jõutõstmise tulemuste võrdlemisel.

Jõutõstjad treenivad sageli suurete raskustega ja pikkade pausidega seeriatega vahel (Schoenfeld 2010). Jõutreeningu programmi karakteristikuid on võimalik spetsiifiliselt muuta, saavutamaks optimaalset maksimaaljõu arengut. Pärast treeninguks sobivate harjutuste valimist on põhilisteks treeningu karakteristikuteks intensiivsus (vastupanu) ja maht (Tan, 1999). Jõutõstmise puhul on peamisteks harjutusteks, mida tuleb treeningus kasutada: kükk, lamades surumine ja jõutõmme. Sihiks peab olema treeningute korraldamine selliselt, et kõigi kolme tõste maksimaalsed tulemused tõuseks võimalikult palju. Kogenud tõstjate puhul on jõutreeningul vajalik kasutada vähemalt 80% suurust vastupanu KM-st, et jätkuks edaspidine neuraalne adaptatsioon ja lihasjõu suurenemine. Edasijõudnud tõstjatele on lihasjõu suurendamiseks soovituslik treeninguid periodiseerida vastupanu vahemikus 80-100% KM-st (Ratamess jt. 2009). Maksimaaljõu arengut mõjutab

nii neuraalse, hormonaalse kui ka müogeense adaptatsiooni tase (Tan, 1999). See tähendab, et võistlustasemel tõstjate treening peab olema rohkem läbimõeldud ning pingutust nõudev võrreldes algajatega.

Jõutõstjad on somatotüübilt mesomorfid, omades suurt rasvavaba massi ja suurt keha massi pikkuse ühiku kohta ning neil on suured kere ja jäsemete ümbermõõdud (Keogh jt. 2007; Keogh jt. 2008). See viitab sellele, et jõutõstjad on olemuselt sprinterid. Seda väidet kinnitab ka Fry jt. (2003) uurimus jõutõstjate lihaskompositsiooni kohta, mis näitas, et eduka jõutõstja lihaseid iseloomustab suurem müosiini raske ahela isovormi Ila tüübi protsent ja väiksem Iib tüübi pindala protsent ning nende protsentuaalne pindala võrreldes mittetreenitutega.

Mõlema üla- ja alajäsemega koos sooritatud maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel (bilateraalsel kontraktsioonil) genereeritud jõud on tavaliselt väiksem, kui samades katsetingimustes kahe jäseme poolt eraldi (unilateraalsel kontraktsioonil) genereeritud jõudude summa. Lahutades vasaku ja parema jala UL pingutusel saavutatud jõudude summast BL pingutusel saavutatud jõud, seejärel jagades saadud tulemuse mõlema jala UL pingutusel saavutatud jõudude summaga ning korrutades läbi 100%-ga saame nende jõudude erinevuse vahe protsentides, mida nim. bilateraalseks jõudefitsiidiks (BLD) (Taniguchi, 1998; Rejc jt. 2010). Kuruganti jt. (2005) näitasid veenvalt, et pärast bilateraalsel treeningprogrammi suurenesid nii UL kui ka BL sääresirutuse jõumomendid ekstensioonil ja fleksioonil ning BLD vähenes. Sellele toetudes peaks jõutõstjatel BLD puuduma või esinema isegi bilateraalsel jõufastsilitatsiooni (BL jõud on suurem UL jõudude summast), sest nende puhul on tegu ekstreemse jõutreeninguga, millest suur osa hõlmab bilatreaalseid pingutusi.

Eriti suured treeningkoormused, iseäranis ekstsentrilises lihastöörežiimis sooritatult võivad vajada kuni 72 tunni pikkust taastumisperioodi (Kraemer ja Ratamess 2004). Seega pärast ühekordset küki maksimaalset jõudu arendavat treeningut võistlustasemel tõstjates peaks vähenema nende maksimaalne isomeetriline BL ja UL-d jõud oluliselt. Erinevate konditsioonide proportsionaalse vähenemise korral peaks BLD jääma samaks.

Käesolevas töös selgitati välja alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajate seosed keha koostise ja luutiheduse näitajatega jõutõstjatel. Samuti uuriti ühekordse maksimaaljõudu arendava küki treeningu mõju alajäsemete sirutajalihaste funktsionaalsele seisundile. Töö võib pakkuda huvi nii jõutõstjatele kui ka treeneritele.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Antropomeetrilised näitajad ja keha koostis jõutõstjatel

Kehtivad IPF-i (Rahvusvaheline Jõutõstmise Föderatsioon) maailmarekordid näitavad, et kergemate kaalude meesjõutõstjad suudavad tõsta üle 5 kehamassi nii kükis kui jõutõmbes, üle 3 kehamassi lamades surumises ja 11 kordse kehamassi kogusummas. See on osalt võimalik tänu toestavale varustusele (põlve- ja randmesidemed, küki- ja jõutõmbetrikood, lamades surumise särgid, tõstevööd), mille kohta täpsema informatsiooni annab IPF-i reeglite tehniline raamat (IPF, 2012).

Keogh jt. (2007) viisid läbi põhjaliku jõutõstjate antropomeetria alase uurimuse, mille tulemused on esitatud tabelina lisas 1. Mees- ja naisjõutõstjate antropomeetriliste näitajate võrdluse sarnaste parameetrite põhjal leiab Keogh jt. (2008) uurimusest. Mõlemast uurimusest selgus, et jõutõstjad on äärmiselt mesomorfsed ja suhteliselt lühikest kasvu, omavad kehapikkuse ühiku kohta kõrget keha- ja rasvavabamassi, suuri keretüve ja jäsemete ümbermõõte, keskmiseid või keskmisest lühemaid kehasegmentide pikkusi. Sellised antropomeetrilised karakteristikud tulevad kasuks maksimaalsete raskuste tõstmisel, sest: 1) langeb lihaste poolt tehtav töö, mis on vajalik raskuse tõstmiseks, sest väheneb kangi liikumise vertikaalne teekond; 2) tekib raskuse tõstmisel mehhaaniline eelis, sest lüheneb jõuõlg või -õlad ja seeläbi suureneb jõumoment. Seega lühemad jõutõstjad, kellel on proportsionaalselt lühemad jäsemed, omavad eelist pikemate tõstjate ees. Samas teatud kehadimensioonid võivad olla eeliseks ühe, kuid mitte teise jõutõste liigi korral. (Keogh jt. 2007; Keogh jt. 2008). Näiteks lühikesed käed tulevad kasuks lamades surumises, kuid osutuvad sooritust pärssivaks jõutõmbes, sest vastavalt ühel juhul on tõste teekond lühem ja teisel pikem.

Keogh jt. (2008) uurimuses olid paljud antropomeetrilised karakteristikud meestõstjatel suuremad võrreldes naistõstjatega, kuid väljendades tõstjate jõudu ja antropomeetrilist profiili proportsionaalselt muutusid sugude vahelised erinevused palju vähem märgatavaks. See viitab asjaolule, et samad antropomeetrilised näitajad mõjutavad sooritust nii mees- kui naistõstjatel ja kõik jõutõstjad olenemata soost võivad vajada selliseid karakteristikuid, et saavutada eliidi staatust. Ainult meestõstjate uurimisel järeldasid Keogh jt. (2007), et jõutõstmise sooritust mõjutavad tugevalt keha suurus ja proportsioon ning keha koostis. Seda positsiooni kinnitab veelgi asjaolu, et kergemates kaaludes sõltub kaalukategooria piiridesse jäämine suuresti tõstja pikkusest. Seetõttu näeb

pikki tõstjaid väga harva kergemates kaaludes. Üheks oluliseks momendiks on seegi, et teadaolevalt on lihasjõud seotud lihasmassiga (Brechue ja Abe, 2002; Garcia-Manso jt. 2008), seega pikad tõstjad ei suudaks omandada kategooria piires piisavat lihasmassi, et üldse olla edukad raskuste tõstmisel (Garcia-Manso jt. 2008). Kõigest eelenevast lähtudes peaksid antropomeetrilised karakteristikud mängima rolli jõutõstmise talendiotsingute programmides kui ka treeningu monitooringus (Keogh jt. 2007). Lisaks antropomeetrilistele näitajatele mõjutavad jõutõstmise saavutust võistlusreeglid, -strateegiad, iga kaalukategooria seesmine dünaamika, võistlejate arv ja erakordsete tulemustega eliitsportlaste esinemine (Garcia-Manso jt. 2008).

Kõik tõstjad v.a. üliraskekaallased (naised +84 kg, mehed +120 kg) võistlevad kehakaalu kategooriates, millel on maksimaalne lubatud kehamass. Seega soovitakse, et rasvaprotsent oleks võimalikult madal selleks, et proportsionaalselt moodustaks suurema osa kehamassist funktsionaalne mass (Keogh jt. 2008). Rasvaprotsentide võrdlemisel (vt. Lisa 1) selgub, et meeste kergekaalu (kuni 75 kg), keskkaalu (82,5-100 kg) tõstjate rasvaprotsendid on võrreldes raskekaalu (üle 110 kg) tõstjatega oluliselt madalamad. See aga ei tähenda, et raskekaalu tõstjatel oleks vähem lihasmassi. Keogh jt. (2007) uurimusele toetudes on neil lisaks absoluutsele suurimale kehakaalule (121,9 kg) ka suurim lihasmass (48,2 kg). Brechue ja Abe (2002) uurimus jõutõstjatega, kus kasutati sarnast kaalude jaotust, saadi sarnased rasvaprotsendi tulemused Keogh jt. (2007) uurimusega ning nad näitasid tugevat positiivset korrelatsiooni lihaskimpude pikkuse ja rasvavaba massi, rasvavabamassi ja jõutõstmise soorituse, lihaskimpude pikkuse ja jõutõstmise soorituse vahel ning negatiivset korrelatsiooni lihaskimpude pikkuse ja nende kinnitumisnurga, lihaskimpude kinnitumisnurga ja jõutõstmise soorituse vahel. Lisaks leiti, et jõutõstmise tulemus oli tihedalt seotud individuaalsete lihaste paksusega läbi kogu keha (parim tulemuse ennustaja abaluualuse lihase paksus). Seega indikeerivad tulemused, et jõutõstmise tulemus on tugevalt sõltuv rasvavabast massist ja seetõttu võib tulemust limiteerivaks faktoriks osutada võime lihasmassi suurendada (Brechue ja Abe, 2002). Leitud on, et geneetiline taust, vanus, sugu jt. faktorid mängivad olulist rolli lihaste hüpertrofeerumises vastusena treeningkoormustele, mõjutades nii lihasmassi juurdekasvu tempot kui üldkogust (Schoenfeld, 2010).

Naso jt. (2012) uuringust, mis hõlmas keskkaalu jõutõstjaid (keskmine kaal 87,9 kg ja pikkus 172,2 cm), leiti oluliselt kõrgem rasvaprotsent võrreldes Keogh jt. (2007)

uurimusega. See võib tuleneda ilmselt sellest, et nahavoltide mõõtmise asemel kasutati bioelektrilise takistuse määramise (BIA) meetodit. Keogh jt. (2007) ja (2008) ning Naso jt. (2012) avaldatud tööde miinus on see, et keha koostise hindamisel ei kasutatud DXA-t (kahepolaarne röntgenkiire meetod), vaid BIA või nahavoltide mõõtmist, mis on lihtsamini rakendatavad ning odavamad. Company ja Ball (2010) tehtud uurimus näitas selgelt, et BIA hindab oluliselt üle nii vastupidavus- kui jõusportlaste rasvaprotsenti (vastavalt BIA 17,6% vs DXA 11,5% ja BIA 23,2% vs DXA 16,5%). Saadud tulemused näitavad ilmekalt, et mõõtmisviga on veelgi suurem jõusportlaste hulgas. See tuleneb ilmselt sellest, et nad omavad võrreldes vastupidavussportlastega suuremat keha- ja lihasmassi. Ülevaate erinevate keha koostise mõõtmise meetoditest annab Andreoli jt. (2009) uurimus, mis kinnitab, et võimalikult täpsed andmed annab DXA-ga keha koostise mõõtmine, mis jagab keha koostise luu mineraalseks massiks, lihas- ja luumassiks (Andreoli jt. 2009; Company ja Ball 2010; Nana jt. 2012). Tsuzuku jt. (1998) tegid noori meesjõutõstjaid DXA meetodil uurides järelduse, et kompresseeriva surve avaldamine luudele läbi suurte raskustega treenimise võib olla efektiivne suurendamiseks lokaalselt luutihedust skeletis. Suur kompressiivne stress ja kohaspetsiifilisus kombineeritult mängivad olulist rolli luutiheduse suurendamisel. Näiteks leiti, et jõutõstjate lülisamba lumbaalülide luutihedus oli oluliselt suurem kui kontrollgrupil. Esines oluline positiivne korrelatsioon jõutõstjate lülisamba lumbaalülide luutiheduse ja küki, jõutõmbe, küki + jõutõmbe ning kogusumma rekordite vahel (Tsuzuku jt. 1998). Seega lisaks suurenenud lihasmassile omavad tõstjad suuremat luumassi ning see mängib olulist rolli tulemuse suhtes, sest üha suureneva vastupanu ületamine eeldab toestavate struktuuride tugevuse ja suuruse kasvu.

Probleem jõutõstjate keha koostise mõõtmisel DXA-ga võib tekkida asjaolust, et nende kehad on suhteliselt laiad. Kuna DXA seadmed on välja arendatud eelkõige luude mineraalainete sisalduse mõõtmiseks (Andreoli jt. 2009; Company ja Ball 2010; Nana jt. 2012), siis kajastab nende ehitus samuti algset sihtgruppi (eakad naised) ja mõõtmise fookust teatud luu piirkondades (Nana jt. 2012). Nana jt. (2012) viisid läbi uurimuse kehaliselt aktiivsetel noortel, mille üheks eesmärgiks oli välja töötada laiade kehadega inimeste DXA mõõtmise protokoll. Selleks skanneriti vasak ja parem keha pool eraldi ning võrreldi saadud tulemusi kogu keha skanneeringu tulemustega. Selgus, et hinnang kogu keha koostisele, mis saadi laiade subjektide osaskanneeringute summerimisel on relevantne

(Nana jt 2012). Teiselt poolt juhib see uurimus tähelepanu sellele, et sportlaste mõõtmiseks oleks vaja suuremaid DXA seadmeid.

1.2. Jõutõstjate treening

Maksimaalset jõudu genereerivad skeetilihased maksimaalsel tahtelisel kontraktsioonil ning seda nimetatakse veel maksimaalseks isomeetriliseks jõuks. Seega maksimaalne jõud esindab kõrgeimat võimalikku pinget isomeetrilise kontraktsiooni raames. Väärib märkimist, et maksimaaljõu mõõtmisel (võrreldes teiste jõu liikidega) on lihasele lubatud nii palju aega kui see vajab, et saavutada tippväärtus (Tan, 1999).

KM on suurim vastupanu, mida suudetakse ületada traditsionaalse raskustreeningu tüüpi ülesannetes ning see annab ligikaudse hinnangu maksimaalsest jõust. Kuna KM on oluliselt tundlikum treeningu mõjude suhtes võrreldes maksimaalse tahtelise kontraktsiooniga, siis kasutatakse seda sagedasti hindamaks maksimaalset jõudu (Tan, 1999). Jõutõstmises on kogu treeningprotsess suunatud KM-i suurendamisele kükis, lamades surumises ja jõutõmbes. Swintoni jt. (2009) poolt läbi viidud uuring Suurbritannia eliitjõutõstjatel näitas, et suurem enamus jõutõstjatest treenivad kavatsusega tõsta maksimaalseid ja submaksimaalsed raskusi plahvatuslikult (80-100% KM), 39% tõstjatest kasutasid treenimisel kummipaelu ja 57% kette, 69% kasutasid klassikalise tõstmise harjutusi või nende erinevaid derivaate enda tõstmise programmides, peaaegu pooled sooritasid kastile kükki ja 14% kasutasid seda treeningutel rohkem kui jõutõste kükki, enamus küsitletud tõstjatest kasutasid pakult surumist, 79% kasutasid erinevaid kiiruste, vastupanude ja takistust lisavate materjalide (n. ketid) kombinatsioone kükis, lamades surumises või jõutõmbes. Peaaegu kõik tõstjad kasutasid mingisugust treeningu periodiseerimist (Swintoni jt. 2009). Elastseid kummipaelu, kette, kastile kükki jne. harjutuste modifitseerimise võimalusi kasutatakse jõutõstmises selleks, et kooramata jõutõstete erinevaid faase spetsiifiliselt. Näiteks lamades surumises saab kasutada kette ja kummipaelu selliselt, et need koormaksid tõste viimast kolmandikku. See võimaldab ühtlustada kangi ülessurumise kiirust kogu tõste vältel ja muuta tugevamaks surumise ülemist faasi.

Spordis toimub lihasjõu arendamine läbi spetsiifiliste treeningudelid, mis kutsuvad esile soovitud adaptatsioonilised muutused. Sellised mudelid paigutuvad kahte gruppi: 1) mudelid, mis taotleavad muutusi keha kompositsioonis ning eriti lihashüpertroofia suurendamisel (Garcia-Manso jt. 2008); 2) mudelid, mis on suunatud neuraaalsetele

adapatasioonidele kesknärvisüsteemis (näiteks täiustunud neuraalne juhtimine, suurenenud mootorsete ühikute rekruteerimine, sünkronisatsioon ja sagedus, vähenenud antagonistide koaktivatsioon ja agonistide inhibatsioon), mis mõjutavad genereeritava pinge taset lihaskontraktsiooni ajal (Garcia-Manso jt. 2008; Naso jt. 2012). Erinevate jõuspordi alade iseloomustamise aluseks on sagedasti ühe treeningu mudeli domineerimine. Jõutõstmine püüab saavutada tasakaalu nende treeningu mudelite vahel. Samas klassikalised tõstjad pööravad enam tähelepanu lihasjõu arendamise neuraalse adaptatsiooni aspektidele ning kulturistid lihaste morfoloogilistele külgedele (Garcia-Manso jt. 2008). Lihaste ülesehitus näib mängivat olulist rolli tõstetavas raskuses, sest suuremaid lihaskimpude pikkusi seostatakse suurema rasvavaba massi akumulatsiooniga ja jõutõstmise sooritusega (Brechue ja Abe, 2002).

Brechue ja Abe (2002), Garcia-Manso jt. (2008), Ratamess jt. (2009), Schoenfeld (2010) kirjutavad, et lihase ristlõike pindala on positiivses seoses maksimaalse jõu genereerimisega. Naso jt. (2012) uurisid reie ristlõike pindala ja KM küki suhet võrreldes kulturiste, klassikalisi tõstjaid ja jõutõstjaid. Uurimuses jõuti järeldusele, et reie ristlõike pindala on suhteliselt väheoluline küki jõu määramisel klassikalistes tõstjates ja jõutõstjates hoolimata sellest, et nad olid oluliselt tugevamad võrreldes kulturistide grupiga. Seega järeldati, et jõualane võimekus, eriti edasijõudnud tõstjatel, võib olla suuremas sõltuvuses muudest faktoritest kui lihase ristlõike pindala. Sellise erinevuse põhjusena võib oletada, et kuna Naso jt. (2012) uurimus oli tehtud hästi treenitud sportlastel, siis sellises populatsioonis mängivad saavutuses rolli mitmed erinevad faktorid ning ühe olemasolu ei saagi olla adekvaatseks indikaatoriks tulemuse suhtes. Võib ka oletada, et saadud tulemus on harjutuse spetsiifiline.

Peamised jõutreeningu karakteristikud on intensiivsus (koormus või vastupanu) ja maht. Teised treeningu faktorid, nagu koormuse tõstmise vorm, treenimine suutlikuseni, kontraktsiooni kiirus, psühholoogilised faktorid, seeriade vahelise taastumise pikkus, harjutuste järjekord ja treeningsessioonide arv päevas on seotud treeningu intensiivsusega. Treeningu maht on kindlaksmääratud läbi korduste arvu seerias, seeriade arvu ja treeningu sageduse (Tan, 1999). Kuigi on võimatu areneda samas tempos pika aja vältel (näiteks üle 6 kuu), siis korraliku treeningprogrammi muutujate varieerimise korral võib piirata treeningplatoosid ja tõsta võimekust saavutamaks kõrgemat taset kehalises vormisolekus. Jõutreeningul arendatavad karakteristikud on lihasjõud, võimsus, lihaste hüpertroofia ja

lokaalne lihasvastupidavus. Kiirust, osavust, tasakaalu, koordinatsiooni, hüppevõimet, painduvust ja teisi motoorse võimekuse näitajaid on samuti võimalik arendada läbi jõutreeningu. Optimaalne jõuspetsiifiline programm hõlmab kontsenriliisi, ekstsentrilisi ja isomeetrilisi lihaskontraktsioone ning bi- ja unilateraalsete üksik- ja mitmeliigeseliste harjutuste sooritamist (Ratamess jt. 2009).

Üldiselt on võimalik korduste arvu jagada kolme põhivahemikku: madalad (1-5), keskmised (6-12) ja kõrged (15+). Sarnaselt saab puhkepausid klassifitseerida kolmeks suureks kategooriaks: lühikesed (30 sek või vähem), keskmised (60-90 sek) ja pikad (3 min ja rohkem) (Schoenfeld, 2010). Maksimaaljõu arendamiseks kesktasemest (indiviid, kes on teinud järjepidevat jõutreeningut u. 6 kuud) kuni edasijõudnuteni (indiviidid, kelle on aastate pikkune jõutreeningu kogemus) on soovitatav, et indiviidid kasutaks laiemat vastupanu vahemikku (1-12 KM) periodiseeritud moel, lõpptulemusena asetades rõhu suurtele vastupanudele (1-6 KM) kasutades 3 kuni 5 min pikkuseid puhkepause seeriade vahel (Ratamess jt. 2009). Pikad puhkepausid seeriade vahel võimaldavad jõu täielikku taastumist ja seeläbi treenimist maksimaalse jõu võimekusega (Schoenfeld, 2010). Edasijõudnutele on soovitatav nädalane treenigute sagedus 4-5 päeva. Sarnast treeningprogrammi disaini soovitatakse hüpertroofia esilekutsumiseks vastavalt harjutuste valikus ja treeningsageduses. Soovitatav on kasutatada koormusi vahemikus 1-12 KM periodiseeritud moel rõhuasetusega 6-12 KM tsoonile 1 kuni 2 min puhkepausidega keskmistel kiirustel sooritustega. Kõrgem maht ja mitmeseerialised programmid on soovitatavad lihashüpertroofia maksimeerimiseks (Ratamess jt. 2009). Treenituse tõustes muutub järk-järgult üha raskemaks kvaliteetse lihasmassi suurendamine ning seetõttu tõuseb veelgi korrektse programmi kujundamise olulisus (Schoenfeld, 2010).

Jõutreeningu progressiooni tähtsaimad põhimõtted on progressiivne ülekoormamine, spetsiifilisus ja periodiseerimine (Ratamess jt. 2009).

Progressiivne ülekoormamine on järkjärguline tõus jõutreeningul kehale pandavas koormuses. Süsteemne kehale asetatavate nõudmiste suurendamine on vajalik edaspidisteks arenguteks ja võib olla saavutatud muutes ühte või rohkemat järgnevatest näitajatest: 1) tõstes harjutuse intensiivsust (st. absoluutset või suhtelist vastupanu antud harjutuses); 2) tõstes sooritatavte korduste arvu antud intensiivsusel; 3) muutes submaksimaalsetel koormustel korduste sooritamise kiirust vastavalt eesmärkidele; 4) lühendades või pikendades puhkepauside kestvust vastavalt vastupidavuse või jõu ja

võimsuse treenimiseks 5) tõstes järk-järgult treeningute mahtu (summaarne töö, mis tuletatakse kogu sooritatud korduste arvust ja kasutatud raskustest) (Ratamess jt. 2009). Progresseeruvale treeningule kasutatavat treenimist suutlikuseni tuleks limiteerida lühikestele ajalistele perioodidele, et vähendada ületreeningu, ülekoormus vigastuste ja negatiivse psühholoogilise häälestuse teket (Tan, 1999). Samas Keogh jt. (2006) leidsid, et jõutõstmises näib olevat keskmisest madalam oht vigastuste tekkeks võrreldes teiste spordialadega (n. ragbi, saaljalgpall), olles sõltumatu tõstja vanusest, kehamassist, soost ja võistlustasemest. Kõige tavalisemad vigastuste esinemiskohad olid õlaliiges (36%), alaselg (24%), küünarliiges (11%) ja põlveliiges (9%). See tuleneb tõenäoliselt sellest, et nendele kehaosadele langeb kolme tõste löikes suurim koormus (Keogh jt. 2006).

Kõik treeningu adaptatsioonid on stiimulispetsiifilised. Konkreetset füsioloogilist adaptatsiooni jõutreeningul on määratud mitmete faktorite poolt, sisaldades: 1) kasutatud lihastöörežiimi; 2) liigutuste kiirust; 3) liigutuste amplituudi; 4) treenitud lihasgruppe; 5) kasutatavaid energiatootmise süsteeme; 6) treeningu mahtu ja intensiivsust. Kuigi eksisteerib teatud määrane treeningu mõjude ülekanne teistele üldise fitnessi ja soorituse omadustele, siis ikkagi on kõige efektiivsemad need jõutreeningu programmid, mis on loodud spetsiifiliste treeningu eesmärkide saavutamiseks (Ratamess jt. 2009).

Periodiseerimine tähendab süsteemset protsessi, mille aluseks on ühe või mitme treeningprogrammi parameetri varieerimine selleks, et treeningu stiimulid säilitaksid oma tõhusa toime. Kuna inimese organism kohaneb kiirelt jõutreeningu programmiga, siis on kestva arengu tagamiseks vajalik aeg-ajalt teha selles mõningaid muudatusi. Eksisteerib klassikaline e. lineaarne (kõrge esilagne treeningute maht ja madal intensiivsus ning treeningute edenedes järk-järguline mahu langus ja intensiivsuse tõus), pööratud lineaarne (sarnaneb klassikalisele mudelile, kuid esialgselt on kõrge intensiivsus ja madal maht), laineline e. mitte lineaarne periodiseerimine (annab võimaluse mahu ja intensiivsuse varieerimiseks perioodi sees, võimaldades treenida neuromuskulaarse süsteemi erinevaid komponente) (Ratamess jt. 2009). Variatsioonid iga perioodi kestel aitavad ära hoida seisakuid arengus, mis võivad olla vastutavad jõuvõimete arengu erinevustes ja seeläbi olla määravad sportlaste vahelistes erinevustes maksimaalsete jõudude genereerimisel. Varieerides mahtu ja intensiivsust kutsutakse esile neuromuskulaarse süsteemi kohanemine treeningkoormusega (Tan, 1999). Kõik eelnev näitab, et läbi jõutreeningu hoolika planeerimise on võimalik jõuda oma potentsiaali realiseerimiseni.

Leidub palju jõutõstjaid, kelle parimat tulemust peetakse madalaks või normaalseks, palju vähem isikuid on aga hea isikliku rekordiga ja väga vähe on erakordse tulemusega sportlasi. Tõstjad, kes näitavad parimaid tulemusi enda kaalukategoorias, lähenevad ette antud reeglite raames lihasjõu teoreetilistele piiridele (Garcia-Manso et. al. 2008). Meesjõutõstjate (n=1812) tulemuste jaotus kaalude kaupa IPF-i ratingu tabeli järgi aastast 2003-2005 on toodud joonisel lisas 2.

1.3. Väsimus treeningul

Igaüks kogeb regulaarselt väsimust. Spordifüsioloogias käsitletakse väsimust kui aktuutset adaptatsiooni harjutuse sooritamisel, mis viib lõpuks võimetuseni produtseerida maksimaalset jõudu põhjustatuna metaboliitide akumulatsioonist või substraatide ammendumisest (St Clair Gibson 2003). Väsimus on samuti psühholoogiline seisund, mis sisaldab subjektiivset ja mentaalset komponenti (Ament & Verkerke, 2009). Käsil oleva tegevuse väsimuse tajumisel mängivad olulist rolli varasemad kogemused ja planeerimine. Varasem mälestus väsimusest võimaldab indiviidil hinnata enda reserve ja tolerantsi ning võimaldab langetada otsuseid – kas kehalist aktiivsust jätkata, kohandada või peatada. Tuleb märkida, et väsimustunde aluseks kehalisel aktiivsusel on tajuv teadvus, kuid sellest hoolimata toimub suurem osa tegevuse kontrollimisest alateadvuse tasandil (St Clair Gibson 2003). Näiteks lamades surumist sooritades ei pruugi tõstja tajuda kohtuniku antud käsklust. Subjektiivse väsimuse hindamiseks saab kasutada BORG'i skaalat (Borg, 1998; Ament & Verkerke, 2009).

Saab eristada kahte tüüpi väsimust: tsentraalset ja perifeerset. Perifeerse väsimuse korral paikneb väsimuse allikas väljaspool kesknärvisüsteemi, avaldudes töötavates skeletilihastes. Kõikidel teistel juhtudel paikneb väsimus sarnase nähtusena kesknärvisüsteemis, mis on tingitud kesknärvisüsteemi võimetusest genereerida lihasjõudu. Perifeerset väsimust defineeritakse kui lihaste kontraktsioonijõu või võimsuse vähenemist töötavates lihastes ja tsentraalset väsimust sarnase nähtusena kesknärvisüsteemist (Ament & Verkerke, 2009). Jõutõstmise treeningutel võib ette tulla mõlemat, sest kasutatavad kordusvahemikud (1-12) võivad põhjustada nii tsentraalset (ei suudeta rekruteerida piisavalt Ila ja I Ib tüüpi lihaskiude) kui perifeerset (laktaadi kuhjumine lihastes) väsimust.

1.4. Kūki tehnika analüüs

Jõutõstjatel on range ja täpne kükkimise tehnika. Kukk on üheks enim kasutatud harjutuseks jõu arendamisel nii spordi kui ka rehabilitatsiooni tingimustes (Wretenberg jt 1996). Jõutõstmise võistlustel ja treeningul sooritatakse jõutõste kükki (kang paikneb abaluude kohal ja deltalihaste tagaosal seljal) täissügavusele (puusaliiges liigub kükkimise ajal allapoole põlveliigest). See võimaldab haarata töösse lisaks jalalihastele rohkem seljelihaseid ning seeläbi suurendada tõstetavat raskust. Swinton jt. (2012) uurisid jõutõstjate sooritust kolme erineva küki variatsiooni vahel: traditsiooniline e. klassikaline kukk (kang turjal), jõutõste kukk ja kastile kukk (kangi paiknemine sarnaselt jõutõste kükile).

Swinton jt. (2012) uurimuse üheks olulisemaks tehniliseks erinevuseks uuritud harjutuste puhul oli jalgade paigutamise laius. Kõik uuritud sportlased valisid kitsama jalgade laiuse klassikalise küki ja laia jalgade paigutuse jõutõste ja kastile küki puhul. Laia jalgade asendiga kukkide korral nähtusid oluliselt suuremad abduktsiooni nurgad võrreldes klassikalise kükiga. Lisaks täheldati oluliselt suuremat puusade fleksiooni ja siserotatsiooni jõutõste kükil võrreldes teiste analüüsitud harjutustega. Samas klassikalise küki sooritamisel saavutati suuremad fleksiooni nurgad põlve- ja hüppeliigeses võrreldes jõutõste ja kastile kükiga. Ekstsentrilise faasi ajal paiknes süsteemi raskuskese ümber anterioorselt klassikalise ja posterioorselt jõutõste ning kastile küki korral. Kastile küki puhul esines väga suur jõugradient (traditsiooniline- ja jõutõstekukk 5083 N/s ja 5868 N/s vs. kastile kukk 14537 N/s), mis viitab sellele, et see võib olla efektiivne plahvatusliku jõu ja üldise kehalise võimekuse arendamisel (Swinton jt. 2012). Kastile küki kasutamise populaarsust näitasid Swinton jt. (2009) eliitsete Suurbritannia jõutõstjatega tehtud uurimus, kus kastile kükki nimetati enim parimaks abiharjutuseks parandamaks vaba raskusega küki sooritust.

Swinton jt. (2012) uurimuse tulemusi raskuse jaotumisest puusade ja põlvede vahel klassikalise ja jõutõste küki võrdlemisel toetab Wretenberg jt (1996) uurimus, milles leiti, et klassikalise küki puhul jaotub raskus võrdsemalt puusade ja põlvede vahel ning jõutõste kukk asetab suurema pinget puusadele ja väiksema põlvedele. Wretenberg jt. (1996) leidsid lisaks, et EMG-l leitud reie lateraalse pakslihase, sirglihase ja kakspealihase aktiivsus oli kõrgem jõutõste küki puhul võrreldes klassikalise kükiga. Samas statistiliselt oluline vahe leiti ainult reie sirglihase aktiivsuse puhul ($p < 0,05$). Suurima aktiivsusega, mõlema küki

variandi puhul, oli reie kakspealihase, mis ühtlasi näitas suurimat varieerivust uuritavate vahel. Järeldati, et jõutõste kükk võib olla lihaste aktiveerimise seisukohalt vaadeldes ülem.

Võistlustel küki sooritamise täpsed reeglid leiab IPF-i reeglite tehnilisest raamatust (IPF, 2012).

1.5. Bilateraalne jõudefitsiit

Fenomeni, mida iseloomustab see, et bilateraalsel lihaskontraktsioonidel on tahteline maksimaalne jõud väiksem kui samade lihaste unilateraalsel kontraktsioonidel saadud jõudude summa nimetatakse bilateraalseks jõudefitsiidiks (BLD) (Vandervoort, 1984; Taniguchi, 1998; Janzen jt. 2006; Rejc jt. 2010; Kuruganti jt. 2011; Marchetti ja Uchida, 2011). Esimest korda täheldasid seda Henry ja Smith (1961) uurides haarde tugevust.

Marchetti ja Uchida (2011) kasutasid vertikaalhüpet, et uurida BLD-id, unilateraalse väsimuse mõju dominantsele ja mittedominantsele jalale ning sooritusele. Algselt täheldati sarnast langust mõlema jala (dominantne ja mittedominantne) unilateraalsete maksimaalsete hüpete sooritamisel. Arvestades, et mõlema jala poolt saavutatud väsimuse aste on sarnane ning eeldades, et selline väsimusseisund mõjutab võrdselt sooritust bilateraalsete ülesannete korral, selgus huvitav asjaolu, et maksimaalset bilateraalsel vertikaalhüppe kõrgust mõjutas ainult dominantse jala väsimus. Seega tundub, et dominantsele jalale on suurem roll maksimaalse bilateraalse vertikaalhüppe sooritamisel kui mittedominantsele jalale (Marchetti ja Uchida, 2011). Tõmmates paralleeli jõutõstmises kükiga, siis toetudes käsitletud uurimusele võib arvata, et küki puhul töötab dominantne jalg rohkem, sest liikumise suunad vertikaalhüppega on sarnased. Newton jt. (2006) uurimusest selguski, et kükkimisel on dominantse jala poolt produtseeritud maksimaalne ja keskmine jõud oluliselt suuremad mittedominantse jala omast. Marchetti ja Uchida (2011) järeldasid oma uuringus saadud tulemustest, et kesknärvisüsteemis eksisteerib ühine tsentraalne käsklus, mis samaaegselt aktiveerib lihaseid üksusena v.a. jalgade unilateraalse väsimuse oludes. Seda teades on võimalik vähendada BLD-d, eelväsitades dominantset jalga, mis omakorda vähendab asümmeetriat alajäsemete jõu vahel. Lisaks leidsid Vandervoort jt. (1984), et mootorsete ühikute aktivatsioon oli vähenenud bilateraalsete võrreldes unilateraalsete maksimaalsete tahteliste kontraktsioonidega. Ühilduvad andmed,

mis pärinesid jõu-kiiruse ja väsimusele vastuvõtlikkusele võrdlemisel näitasid, et sellise vähenemise põhjuseks oli kiirete väsimusele tundlikke mootorsete ühikute rekruteerimise langus.

Kui BLD on vahendatud läbi retsiprookse innervatsiooni seljaajus, siis peaks jõutreening BLD-d üla- ja alajäsemetes mõjutama üksteisest sõltumatult. Ent kui see on vahendatud läbi supraspinaalsete mehhanismide nagu hemisfääride vaheline interaktsioon, siis peaks jõutreeningu tulemusena BLD üla- ja alajäsemetes muutuma üksteisega paralleelselt. Viimasele oletusele leidis kinnitust Taniguchi (1998), kes jagas uuritavad viide rühma, kusjuures viidi läbi käte või jalgade unilateraalne treening, käte või jalgade bilateraalne treening ja kontrollgrupp. Uuringu tulemused näitasid, et jõutreeningu mõju kandus üle treenimata jäsemetele (st. jalgadele käte treeninggrupis ja kätele jalgade treeninggrupis). Bilateraalne treening põhjustas BLD vähenemise ja unilateraalne treening suurenemise. Unilateraalse treeningu korral mittetreenitud jäsemete BLD suurenes, kuid bilateralse treeningu korral ei toimunud BLD vähenemist treenimata jäsemetes (Taniguchi, 1998). Siit võib järeldada sedagi, et treeninguga on võimalik muuta BLD nii üla- kui alajäsemetes.

Janzen jt (2006) uurisid kas BLD esineb erinevates harjutustes (jalapress, sääresirutus ja ploki tõmme rinnale), kas seda on võimalik mõjutada uni- või bilatreaalse treeninguga ning kumb treening on tõhusam rasvavaba massi suurendamisel. Leiti, et BLD võib esineda mõningate liikumismustrite puhul, kuid võib puududa sama indiviidi raames teistes liigutustes. Tulemused näitasid, et BLD eksisteerib jalapressil ja ploki tõmbel rinnale, kuid puudub sääresirutuse harjutuses. Seega harjutused, mis hõlmavad rohkem kui ühte liigest võivad olla tundlikumad BLD suhtes võrreldes harjutustega, mis haaravad üksikut liigest (Janzen jt. 2006). Sarnaselt Taniguchi (1998) uurimusele järeldasid Janzen jt. (2006), et bilatreaalne treening vähendab BLD-d. Samas erinevust Taniguchi'ga (1998) täheldati selles, et unilateraalne treening säilitab BLD taseme, kuid ei suurenda seda märkimisväärselt. Selline erinevus võis tulla sellest, et Taniguchi (1998) kasutas uuringus isokineetilist dünamomeetrit. Rasvavaba massi suurenemises ei märgatud olulisi erinevusi üla- ja alakehas uni- ja bilatreaalse treeningu võrdlusel (Janzen jt. 2006).

Üheks võimalikuks BLD esinemise seletuseks on erinevused antagonistlihaste koaktivatsioonis uni- ja bilatreaalsetel kontraktsioonidel. Kuruganti jt. (2011) eksperimendist tuli välja, et BLD ilmnes isomeetrilises sääresirutusel 45° põlve nurga

juures (uuriti veel 0° ja 90° juures). Siiski vastavate kontraktsioonide EMG (agonistid lateraalne ja mediaalne pakslihas, reie sirglihas ning antagonistid reie kakspelihas ja poolkõõluslihas) andmete uurimisel selgus, et puudusid statistiliselt olulised erinevused antagonistlihaste koaktivatsioonis bi- ja unilateraalsetel pingutustel. Teisalt sääresirutus, nagu Janzen jt. (2006) uurimusest selgus, ei pruugi olla BLD uurimisel parim, sest hõlmab ainult ühte liigest ning mainitud uuringus ei leitud BLD selle harjutuse puhul. Samas tuleb välja, et lisaks harjutuse spetsiifikale sõltub BLD ka liigese nurgast, sest Kuruganti jt. (2011) uuritud liigesnurkadest ei leitud BLD 0° ja 90° juures, kuid tehti seda 45° juures. Toetudes Taniguchi (1998), Janzen'i jt. (2006) ja Kuruganti jt. (2011) uurimuste tulemuste osalistele lahkevustele võib öelda, et BLD on väga tundlik kasutatava eksperimentaalse aparatuuri suhtes.

Rejc jt. (2010) uurisid kas a) BLD esineb alajäsemete plahvatuslikel kontraktsioonidel, b) kas seda saab omistada langusele neuraalses juhtimises ja/või erinevustele lihaste koordinatsioonis (EMG andmed keskmine pakslihas, reie sirglihas, reie kakspelihas ja kaksik-sääremarjalihase mediaalne külg) ning muutustes jõu-kiiruse suhtes. Kasutatud katseseade sarnanes enim horisontaalse jalapressiga. Selgus, et plahvatuslike pingutuste korral esineb BLD ning see näib olevat tingitud neuraalse juhtimise langusest keskmisele pakslihasele ja reie sirglihasele ning erinevast lihaste koordinatsioonist viimati mainitud lihaste ja reie kakspelihase vahel. Nende lihaste aktiivsus väljendatult protsentidena integreeritud elektromüograafiana (iEMG) pingutuse lõpus olid madalamd bilateraalsetel võrreldes unilateraalsete kontraktsioonidega. Peale selle tundub olevat erinev bi- ja unilateraalsete kontraktsioonide lihaste vaheline koordinatsioon, millele viitab väiksem varieeruvus pingutusesse kaasatud lihaste iEMG väärtustes. Siinkohal vastanduvad Rejc jt (2010) ja Kuruganti jt (2011) tulemused BL ja UL lihaskoordinatsiooni osas. Toetudes juba enne tehtud järeldusele BLD sõltuvusest harjutusest ja liigesenurgast, siis Kuruganti jt. (2011) tõenäoliselt ei avastanud lihaskoordinatsiooni erinevusi BL ja UL pingutuste puhul, kuna kasutasid uuringus sääresirutust, mis hõlmab ühte liigest ning mille sooritamine ei ole motoorse juhtimise osas nii nõudlik kui näiteks jalapress. Lisaks tundub, et BLD ei põhjusta jõu-kiiruse suhe, sest sarnaste kiiruste juures produtseeriti bi- ja unilateraalsete kontraktsioonidega erineva suurusega jõudusid (Rejc jt. 2010).

Jõu asümmeetria eksisteerib isegi ülikooli tasemel sportlastel. Jõu tasakaalu puudumine erinevate kehapoolte vahel võib mõjutada sportlase sooritust suurendades vigastuse

saamise riski või piirates sportlast, sundides teda eelistama enda tugevamat või dominantset kehapoolt. Jõu ja kehalise ettevalmistuse treenerid peaksid olema võimelised sportlaste alajäsemete jõu tasakaalu hindama, sest erinevus jäsemete vahel võib olla oodatust suurem. Sellise tasakaalutuse leevendamine võib parandada sportlase sooritust ja vähendada vigastuste tekkimise ohtu (Newton jt. 2006).

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada välja: a) seosed alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu, antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajate vahel jõutõstjatel ning b) ühekordse maksimaaljõudu arendava küki treeningu mõju alajäsemete sirutajalihaste funktsionaalsele seisundile.

Püstitatud ülesanded:

1. Määrata antropomeetrilised, keha koostise ja luutiheduse näitajad.
2. Määrata alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajad uni- ja bilateraalsel pingutusel enne ja pärast ühekordset küki maksimaalset jõudu arendava treeningut.
3. Selgitada alajäsemete sirutajalihaste jõu näitajate seosed antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajatega, kasutades korrelatsioonanalüüsi.
4. Hinnata subjektiivset väsimustunnet enne ja pärast ühekordset küki maksimaalset jõudu arendavat treeningut.
5. Määrata reie- ja säärelihaste elektromüograafilise aktiivsuse näitajad alajäsemete sirutajalihaste maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel enne ja pärast ühekordset küki maksimaalset jõudu arendavat treeningut.

3. TÖÖ METOODIKA

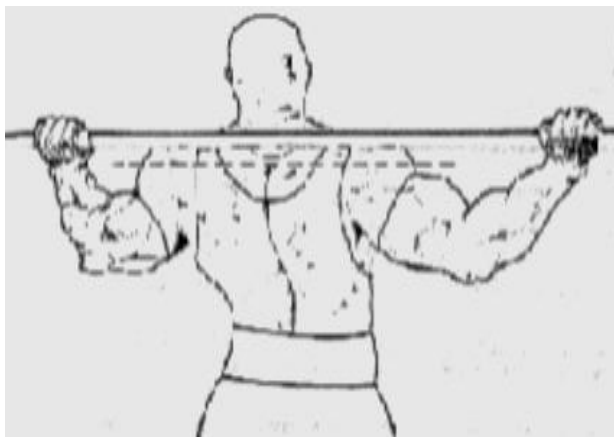
3.1. Vaatlusalused

Kokku uuriti 12 meessoost jõutõstjat (vt. tabel 1). Valimisse klassifitseerimise aluseks oli viimase kahe aasta jooksul (01.01.2011-01.01.2013) saavutatud parim võistlustulemus jõutõstmises wilks'i punktides (vähemalt 400 wilks'i) ning eeldus, et selle aja jooksul ei olnud keegi katkestanud jõutõstmise treeninguid. Kõik uuringus osalenud jõutõstjad olid võistlussportlased vähemalt rahvuslikul tasemel. Valimis oli 8 Eesti meistrit, üks mitmekordne medalist MM-il jõutõmbes ning üks absoluutne Euroopa meister juuniorite vanusekategorias (varasemalt tulnud noorte maailmameistriks). Uuritavatele tutvustati uuringu metoodikat ning eesmärgi ja nad andsid oma nõusoleku uuringus osalemiseks ning uuringutulemuste analüüsiks. Ükski uuringus osalenud jõutõstja ei olnud enne uuringut andnud positiivset dopinguproovi.

3.2. Küki maksimaaljõudu arendav treening jõusaalis

Raskuste määramiseks jõutreeningul kasutati ühe kordusmaksimumi (KM) meetodit. Kuna uuritavatel olid individuaalsed KM raskused teada, siis otseselt KM määramist antud uuringus läbi ei viidud.

Küki maksimaalse jõu treening (KMJT) koosnes 3 tööseeriast 5 kordusega igas seerias, mille vastupanu võrreldes KM-ga jäi vahemiku 80-90%. Tööseeriadele eelnesid soojendusseeriad kergemate raskustega. Sooritati täiskükke st. puusaliiges liikus kükkimise ajal allapoole põlveliigest. Kangi paiknemine jõutõste kükile kohaselt st. kang paikneb seljal abaluude kohal ja deltalihas tagaosas (joonis 1). Kangi paiknemine katkendjoone kohal). Puhkepaus tööseeriade vahel oli u. 3-5 min. Lubatud oli kasutada tõstevööd.



Joonis 1. Kangi paiknemine kükkimisel (IPF, 2012).

Tabel 1. Vaatlusaluste antropomeetrilised, keha koostise ja luutiheduse näitajad (keskmine \pm SE).

Näitaja	Uuritavad (n=12)
Vanus (a)	25,3 \pm 1,9
Kehapikkus (cm)	179,9 \pm 2,0
Kehamass (kg)	96,1 \pm 2,4
KMI (kg/m ²)	29,7 \pm 0,6
Wilks'i punktid parimalt võistluselt	475,1 \pm 16,0
Parim küki KM varustusega (kg)	279,0 \pm 15,0
Hetke küki KM varustusega (kg)	208,5 \pm 12,3
Treeningstaaž jõutõstmises (a)	7,5 \pm 1,1
Treeningstaaž üldine (a)	11,7 \pm 1,4
Treeninguid nädalas (h)	9,9 \pm 0,9
Rasvaprotsent (%)	17,4 \pm 0,8
Rasvamass (g)	15294 \pm 1518
Rasvavaba mass (g)	77989 \pm 2443
J _{dom} pikkus (cm)	96,3 \pm 1,5
J _{mdom} pikkus (cm)	96,1 \pm 1,4
J _{dom} reie ümbermõõt (cm)	60,5 \pm 1,2
J _{mdom} reie ümbermõõt (cm)	60,0 \pm 1,1
J _{dom} lihasmass (g)	12056 \pm 488
J _{mdom} lihasmass (g)	11993 \pm 475
Luutihedus (g/cm ³)	1,4 \pm 0,1
J _{dom} luumass (g)	648,5 \pm 24,6
J _{mdom} luumass (g)	654,2 \pm 24,6

3.3. Uurimismeetodid

3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised

Kehapikkuse mõõtmiseks kasutati Martini metallantropomeetrit ning kehamassi määramiseks elektroonilist kaalu. Kehapikkuse mõõtmisel seisis uuritav sirge seljaga, kannad koos plastikust alusel ning uurija jälgis, et uuritava silma alalaug ja kõrva välimine kuulmeava oleksid horisontaaltasapinnal. Uurija asetaski antropomeetri plastikust alusele nii,

et vaatlusaluse pea, selg, tuharad, sääred ning kannad oleksid vastu mõõduriista ja registreeris pikkusnäidu täpsusega $\pm 0,1$ cm. Kehamassi määramisel astus uuritav aluspesus elektroonilisele kaalule ning mõõtja registreeris kaalu näidu täpsusega $\pm 0,1$ kg. KMI arvutamiseks kasutati järgnevat valemit:

$$\text{KMI} = \text{kehamass (kg)} / [\text{kehapikkus (m)}]^2$$

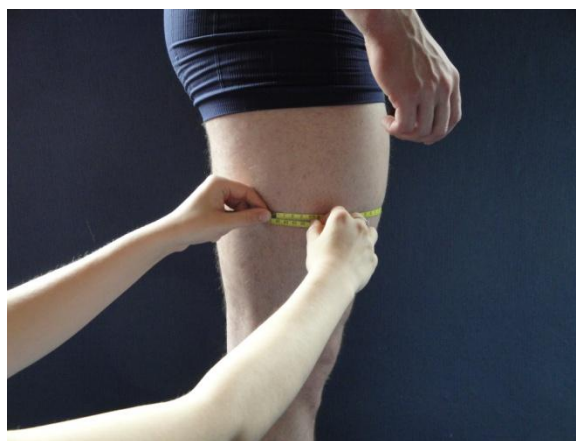
Antropomeetrilised mõõtmised viidi läbi laboratoorsetes tingimustes ühe ja sama kvalifitseeritud mõõtja poolt. Mõõduvahendina kasutati Lufkini tagasikeritavat meetersüsteemis mõõdulinti.

Jalgade pikkuse määramine. Mõõtmise ajal lamas uuritav selili, jalad puusade laiuselt ja põlvedest sirutatud. Uurija palpeeris mõõtmiseks eesmise ülemise niudeluuoga ning mõõtis mõõdulindiga sellest mööda jala sisekülge kuni *malleus medialis*'e alumise servani ja fikseeris selle jala pikkusena.

Reie ümbermõõdu määramine. Vasaku või parema reie ümbermõõt mõõdeti mõõdulindiga, kui uuritav seisis, jalad väikses harkseisus, keharaskus jaotatud võrdselt mõlemale jalale. Joonisel 3 on näidatud parema jala ümbermõõdu fikseerimine reieluu keskosas.



Joonis 2. Jalgade pikkuse mõõtmine.



Joonis 3. Reie ümbermõõdu määramine.

3.3.2. Keha koostise ja luutiheduse määramine

Keha rasvaprotsent, rasvamass, rasvavaba mass, J_{dom} ja J_{mdom} lihas- ja luumass ning luutihedus määrati Tartu Ülikooli Chemicumis DXA meetodil. Mõõtmise ajal lamas uuritav selili, käed all küljel ning kogu keha skaneeriti alustades peast ja lõpetades varvastega. Kogu protseduur kestis 6 – 7 min. sõltuvalt uuritava pikkusest.



Joonis 4. Uuringus kasutatud DXA aparaat (Hologic Discovery ODR Series, USA)

3.3.3. Alajäsemete isomeetrilise maksimaaljõu määramine

Alajäsemete sirutajalihaste tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu määramisel istus uuritav spetsiaalselt konstrueeritud dünamomeetrilisel pingil, mis koosnes raamist, reguleeritava kaugusega istmest koos seljatoega ja dünamograafilisest jalaplaadist. Uuritav istus nii, et jalalabad või –laba asetses dünamograafilisel plaadil selliselt, et nurk põlveliigeses oli ligikaudu 120° ja puusaliigeses ligikaudu 90°. Puusade etteviikimise vältimiseks kinnitati uuritav rihmaga vöökohast dünamomeetrilise pingi külge. Enne testimist sooritas uuritav submaksimaalseid proovikatseid nii bi- kui unilateraalsete pingutustena. Testi sooritamisel surus uuritav jalaga või jalgadega dünamomeetriga ühendatud plaadile, pingutades maksimaalse tugevusega alajäset või –jäsemeid. Testi sooritati kõigepealt mõlema jalaga korraga e. bilateraalse pingutusena, siis dominantse ning seejärel mittedominantse jalaga eraldi e. unilateraalse pingutusena. Kõikide testi variantide puhul sooritati 3 katset, millest arvesse läks parima katse tulemus. Katsed sooritati maksimaalselt kiirete pingutustena ajaliste kestvustega u. 2-3 s, millede vaheline puhkepaus kestis u. 1 min. Pingutuse alustamise signaaliks oli punase lambi süttimine ja lõpetamise signaaliks lambi kustumine, mis oli paigutatud uuritava silmade kõrgusele. Kõikidel katsetel mõõdeti jõugradient 200 ms pärast jõuarenduse algust, 25%, 50% ja 75% jõuarenduse juures. Testimist viidi läbi kahel korral: enne ja pärast küüki maksimaaljõudu arendavat treeningut. Esimesele testimisele eelnes individuaalne soojendus kestvusega umbes 10-15 min. Bilateraalne jõudefitsiit (BLD) arvutati valemiga:

$$\text{BLD (\%)} = 100 - (F_{\text{BL}}/F_{\text{dom}} + F_{\text{mdom}}) \times 100\%,$$

kus F_{BL} on isomeetriline maksimaaljõud bilateraalsel pingutusel, F_{dom} dominantse jala ja F_{mdom} mittedominantse jala isomeetriline maksimaaljõud unilateraalsel pingutusel.

Positiivse summa korral oli tegu bilateraalse jõudefitsiidiga ja negatiivse summa korral bilateraalse jõufastilitatsiooniga.



Joonis 5. Sirutajalihaste isomeetrilise maksimaaljõu määramiseks konstrueeritud dünamomeetriline pink ja vaatlusaluse asend.

3.3.4. Väsimuse subjektiivne hindamine

Uuringus kasutati BORG'i skaalat, mille abil uuritavad hindasid kahel korral subjektiivselt oma hetke väsimusseisundit: enne esimest ja teist testimist dünamomeetrilisel pingil. Number 6 tähistas seisundit “väsimus puudub” ja number 20 seisundit “maksimaalne väsimus” (lisa 3) (Borg, 1998).

3.3.5. Lihaste bioelektrilise aktiivsuse määramine

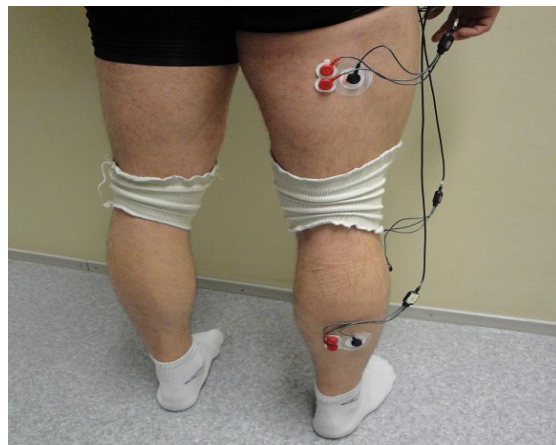
Uurimistöös kasutati dominantse jala *m. rectus femoris*'e, *m. biceps femoris caput longum*'i, *m. tibialis anterior*'i ja *m. soleus*'e bioelektrilise aktiivsuse registreerimiseks elektromüograafi ME6000 (Soome), mis oli ühendatud analoog-digitaalmuunduri kaudu personaalarvutiga. Biopotentsiaalide analüüsil kasutati programmi (Mega Electronics, Soome), mis võimaldab määrata nii sagedusspektri näitajad kui ka EMG amplituudväärtused ja integraali.

Seisval uuritaval määrati palpeerimise teel dominantse jala *m. rectus femoris*'e, *m. biceps femoris caput longum*'i, *m. tibialis anterior*'i ja *m. soleus*'e asukoht. Nahapind puhastati piiritusega, seejärel asetati nende lihaste kõhule bipolaarsed (Noraxon Dual Electrodes) EMG elektroodid. Maanduselektrood asetati kõikidel juhtudel lateraalselt. EMG

elektroodide paigutus lihastel on esitatud joonisel 6 ja 7. Vaatlusalustel mõõdeti EMG näitajad dominantse jala unilateraalsel ja bilateraalsel isomeetrilisel dünamomeetrilisel testimisel enne ja pärast KMJT-t. Küki treeninguks jäid elektritoodid nahapinnale.



Joonis 6. EMG elektroodide paiknemine *m. rectus femoris'*el ja *tibialis anterior'*il.



Joonis 7. EMG elektroodide paiknemine *m. biceps femoris caput longum'*il ja *soleus'*el.

3.4. Uuringu korraldus

Uuringud viidi läbi 2013. aasta alguses TÜ kinesioloogia ja biomehaanika laboris, TÜ Chemicumi DXA uuringu kabinetis ning TÜ ASK-i tõstesaalis. Enne uuringut informeeriti vaatlusaluseid uuringuga seonduvast ning võeti neilt kirjalik nõusolek uuringus osalemise kohta (lisa 4 ja 5). Enne testimist täitsid uuritavad üldandmete küsitluslehe (lisa 6).

TÜ kinesioloogia ja biomehaanika laboris viidi läbi antropomeetrilised mõõtmised, elektromügraafia, isomeetrilise maksimaaljõu ja jõugradientide määramine alajäsemete sirutajalihaste bilateraalsel ja mõlema jala unilateraalsel pingutusel dünamomeetrilisel pingil enne ja pärast küki maksimaalse jõu treeningut, BORG'i skaala täitmine enne esimest ja teist testimist dünamomeetrilisel pingil. Dünamomeetrilisel pingil sooritatud kahe testimise vahel tehtav küki maksimaalse jõu treening viidi läbi TÜ ASK-i tõstesaalis.

Mõõtmised (v.a. DXA meetod) viidi läbi ühe päeva jooksul: üldandmete küsitlus, antropomeetrilised mõõtmised, Borgi skaala täitmine enne esimest ja teist alajäsemete isomeetrilise dünamomeetria testi, alajäsemete isomeetrilise dünamomeetria testid, elektromügraafia (EMG) ja mõõtmiste vaheline ühekordne küki maksimaaljõudu arendav treening. Keha rasvaprotsent, rasvamass, rasvavaba mass, vasaku ja parema jala lihas- ja

luumass ning kogu keha luutihedus määrati Tartu Ülikooli Chemicumis DXA meetodil ühe kuu jooksul enne või pärast uurimustöö mõõtmisi.

Kõikidele uuritavatele selgitati uuringu ülesandeid ning demonstreeriti kõiki teste.

3.5. Andmete statistiline analüüs

Andmete analüüsimisel kasutati tabelarvutusprogrammi Microsoft Excel. Kõikide saadud parameetrite osas määrati aritmeetiline keskmine ja aritmeetilise keskmise standardviga ($\pm SE$). Antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse ning jõu parameetrite seoste leidimiseks kasutati korrelatsioonanalüüsi. Aritmeetiliste keskmiste erinevuse olulisuse hindamiseks kasutati enne ja pärast treeningut paaride T-testi. Statistilise olulisuse nivooks võeti $p \leq 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajate seosed keha koostise ja luutihedusega.

Keha koostise näitajate seoste leidmiseks jõu parameetritega, kasutati korrelatsioonanalüüsi. Saadud tulemused on esitatud tabelites 2 ja 3.

Tabeli 2 andmetest selgus, et ainus statistiliselt oluline korrelatiivne seos leiti F_{dom} ja J_{dom} rasvavabamassi vahel ($r=0,74$; $p<0,05$). Bilateraalsel pingutusel registreeritud isomeetriline maksimaaljõud korreleerus keskmiselt positiivselt KMI-ga ($r=0,63$; $p>0,05$), küki KM-ga ($r=0,61$; $p>0,05$), reite keskmise ümbermõõduga ($r=0,52$; $p>0,05$) ja jalgade rasvavaba massiga ($r=0,51$; $p>0,05$). F_{dom} näitas keskmist positiivset korrelatiivset seost kehamassiga ($r=0,61$; $p>0,05$), J_{dom} reie ümbermõõduga ($r=0,54$; $p>0,05$), rasvavabamassiga ($r=0,64$; $p>0,05$) ja J_{dom} luumassiga ($r=0,63$; $p>0,05$) ning keskmist negatiivset korrelatiivset seost rasva %-ga ($r=-0,52$; $p>0,05$) ja J_{dom} rasva %-ga ($r=-0,56$; $p>0,05$). J_{mdom} pingutusel registreeritud isomeetriline maksimaaljõud uuritud näitajatega olulisi korrelatiivseid seoseid ei andnud.

Tabelis 3 on esitatud korrelatiivsed seosed bilateraalsel pingutusel registreeritud jõugradientide ning antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajatega. Selgus, et jõugradiendid tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 50% ($G_{50\%}$) ja 75% jõuarenduse juures ($G_{75\%}$) korreleerusid statistiliselt oluliselt vanusega (vastavalt $r=0,66$ ja $r=0,69$; $p<0,05$) ning treeningstaažiga jõutõstmises (vastavalt $r=0,70$ ja $r=0,67$; $p<0,05$). Jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 200 ms pärast jõuarenduse algust (G_{200}) näitas keskmist positiivset korrelatiivset seost KMI-ga ($r=0,52$; $p>0,05$) ja küki KM-ga ($r=0,5$; $p>0,05$). Jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 25% jõuarenduse juures ($G_{25\%}$) näitas keskmist positiivset korrelatiivset seost vanusega ($r=0,63$; $p>0,05$), treeningstaažiga jõutõstmises ($r=0,62$; $p>0,05$) ja keskmist negatiivset korrelatiivset seost pikkusega ($r=-0,50$; $p>0,05$) ning jalgade keskmise pikkusega ($r=-0,63$; $p>0,05$). $G_{50\%}$ näitas keskmist negatiivset korrelatiivset seost jalgade keskmise pikkusega ($r=-0,57$; $p>0,05$).

Tabel 2. Alajäsemete sirutajalihaste maksimaaljõu näitajate korrelatiivsed seosed antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajatega (n=12).

Parameetrid	Enne KMJT		
	F _{BL}	F _{dom}	F _{mdom}
Vanus (a)	-0,35	-0,15	-0,02
Pikkus (cm)	-0,24	0,30	-0,13
Kehamass (kg)	0,24	0,61	0,19
KMI	0,63	0,43	0,41
Küki KM (kg)	0,61	0,43	0,35
Reite keskmine ümbermõõt (cm)	0,52	-	-
J _{dom} reie ümbermõõt (cm)	-	0,54	-
J _{mdom} reie ümbermõõt (cm)	-	-	0,27
Rasvmass (g)	-0,25	-0,19	-0,13
Rasva %	-0,38	-0,52	-0,24
J _{dom} rasva %	-	-0,56	-
J _{mdom} rasva %	-	-	-0,37
Rasvavabamass (g)	0,36	0,64	0,25
Jalgade rasvavabamass (g)	0,51	-	-
J _{dom} rasvavabamass (g)	-	0,74*	-
J _{mdom} rasvavabamass (g)	-	-	0,41
Luutihedus (g/cm ²)	0,34	0,37	0,34
Jalgade luumass (g)	0,32	-	-
J _{dom} luumass (g)	-	0,63	-
J _{mdom} luumass (g)	-	-	0,29

*Statistiliselt oluline seos (p<0,05)

F_{BL} – bilateraalsel pingutusel registreeritud isomeetriline maksimaaljõud; F_{dom} – dominantse jala unilateraalsel pingutusel registreeritud isomeetriline maksimaaljõud; F_{mdom} – mittedominantse jala unilateraalsel pingutusel registreeritud isomeetriline maksimaaljõud; KMJT – küki maksimaalse jõu treening; KMI – kehamassi indeks; KM – kordusmaksimum; J_{dom} – dominantne jalg; J_{mdom} – mittedominantne jalg.

Tabel 3. Bilateraalsel pingutusel registreeritud jõugradientide korrelatiivsed seosed antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajatega (n=12).

Parameetrid	F _{BL} enne KMJT			
	G ₂₀₀	G _{25%}	G _{50%}	G _{75%}
Vanus (a)	-0,11	0,63	0,66*	0,69*
Treeningstaaž jõutõstmises (a)	0,12	0,62	0,70*	0,67*
Pikkus (cm)	-0,29	-0,50	-0,47	-0,31
Kehamass (kg)	0,13	-0,20	-0,19	-0,12
KMI	0,52	0,34	0,32	0,20
Küki KM (kg)	0,50	0,09	0,15	0,08
Jalgade keskmine pikkus (cm)	-0,28	-0,63	-0,57	-0,34
Rasvmass (g)	-0,23	0,17	0,06	-0,02
Rasva %	-0,29	0,26	0,16	0,04
Rasvavabamass (g)	0,24	-0,22	-0,18	-0,11
Jalgade rasvavabamass (g)	0,34	-0,20	-0,15	-0,10
Luutihedus (g/cm ²)	0,24	0,14	0,21	0,17
Jalgade luumass (g)	0,21	-0,31	-0,31	-0,22

*Statistiliselt oluline seos (p<0,05)

F_{BL} – bilateraalsel pingutusel registreeritud isomeetriline maksimaaljõud; G₂₀₀ – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 200 ms pärast jõuarenduse algust; G_{25%} – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 25% jõuarenduse juures; G_{50%} – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 50% jõuarenduse juures; G_{75%} – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 75% jõuarenduse juures; KMJT – küki maksimaalse jõu treening; KMI – kehamassi indeks; KM – kordusmaksimum

4.2. Ühekordse küki maksimaaljõudu arendava treeningu mõju alajäsemete funktsionaalsele seisundile

Subjektiiivne väsimus oli Borgi skaalal hinnatuna pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut statistiliselt oluliselt suurem kui enne treeningut (joonis 8).

Alajäsemete sirutajalihaste bilateraalses jõudefitsiidis ei esinenud statistiliselt olulist erinevust enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut (joonis 9).

Pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut olid alajäsemete sirutajalihaste tahtelisel isomeetrilisel BL ja dominantse jala UL pingutusel registreeritud jõud statistiliselt oluliselt ($p \leq 0,05$) madalamad kui enne treeningut. Mittedominantse jala UL pingutusel registreeritud jõus olulist langust ei ilmnenud võrreldes treeningu eelsega (joonis 10).

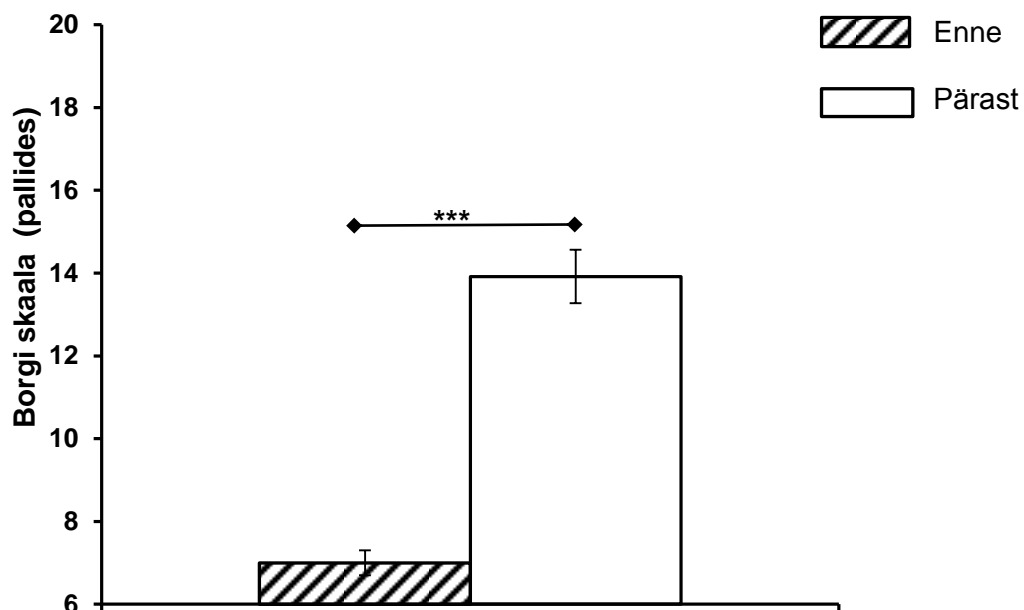
Alajäsemete sirutajalihaste bilateraalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud jõugradientidest enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut ilmnis statistiliselt oluline erinevus 25% jõuarenduse juures (joonis 11).

Pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut olid domineeriva jala sirutajalihaste unilateraalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud jõugradiendid 200 ms pärast jõuarenduse algust, 25% ja 50% jõuarenduse juures statistiliselt oluliselt ($p \leq 0,05$) madalamad kui enne treeningut. Jõugradiendi 75% jõuarenduse juures olulist langust treeningu eelsega ei täheldatud (joonis 12).

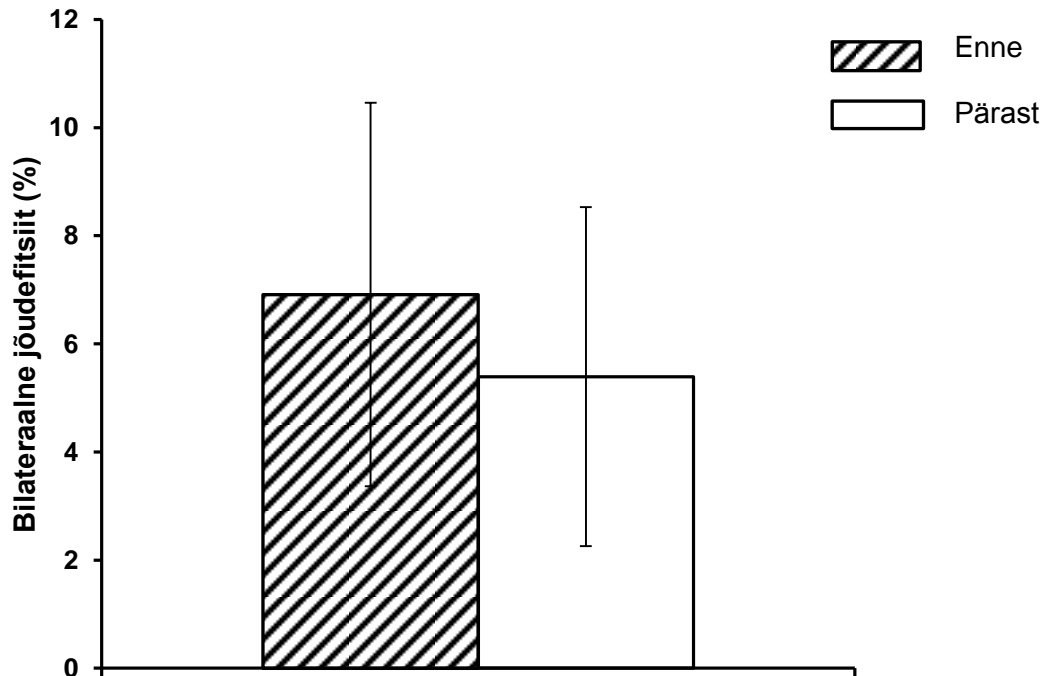
Pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut mittedomineeriva jala sirutajalihaste unilateraalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud jõugradient 25% jõuarenduse juures oli statistiliselt oluliselt madalam võrreldes treeningu eelsega. Jõugradiendid 200 ms pärast jõuarenduse algust, 50% ja 75% jõuarenduse juures ei olnud oluliselt madalamad võrreldes treeningu eelsega (joonis 13).

Ektromüograafia meetodil registreeritud domineeriva jala *m. rectus femoris*'e (A) ja *m. biceps femoris caput longum*'i (B) ruutkeskmise keskmise ampiltuud uni- ja bilateraalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut andis statistiliselt olulisi erinevusi ainult *m. biceps femoris caput longum*'i näitajates olles igal registreeritud ajamomendil statistiliselt oluliselt kõrgenenud võrreldes treeningu eelsega (joonis 14 ja 15).

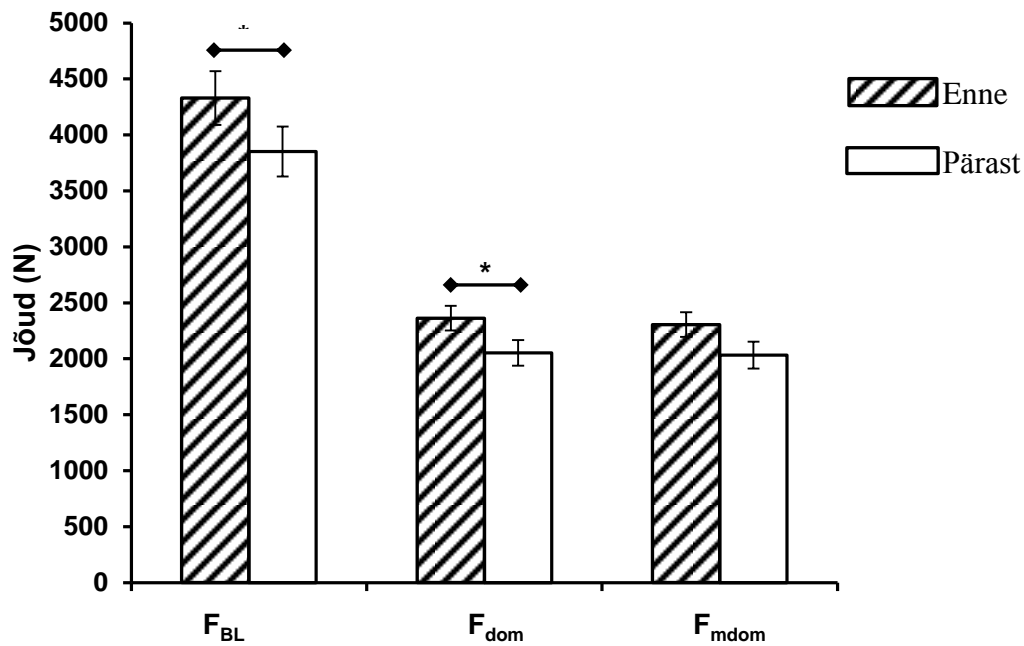
Domineeriva jala *m. rectus femoris*'e (A) ja *m. biceps femoris caput longum*'i (B) uni- ja bilateraalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud integreeritud ektromüograafia näitajad enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut ei olnud statistiliselt oluliselt madalamad *m. rectus femoris*'el. Seevastu *m. biceps femoris caput longum*'i väärtustest ei leitud statistiliselt olulist kõrgenemist pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut vaid BL-l 200 ms pärast jõuarenduse algust võrreldes treeningu eelsega (joonis 16 ja 17).



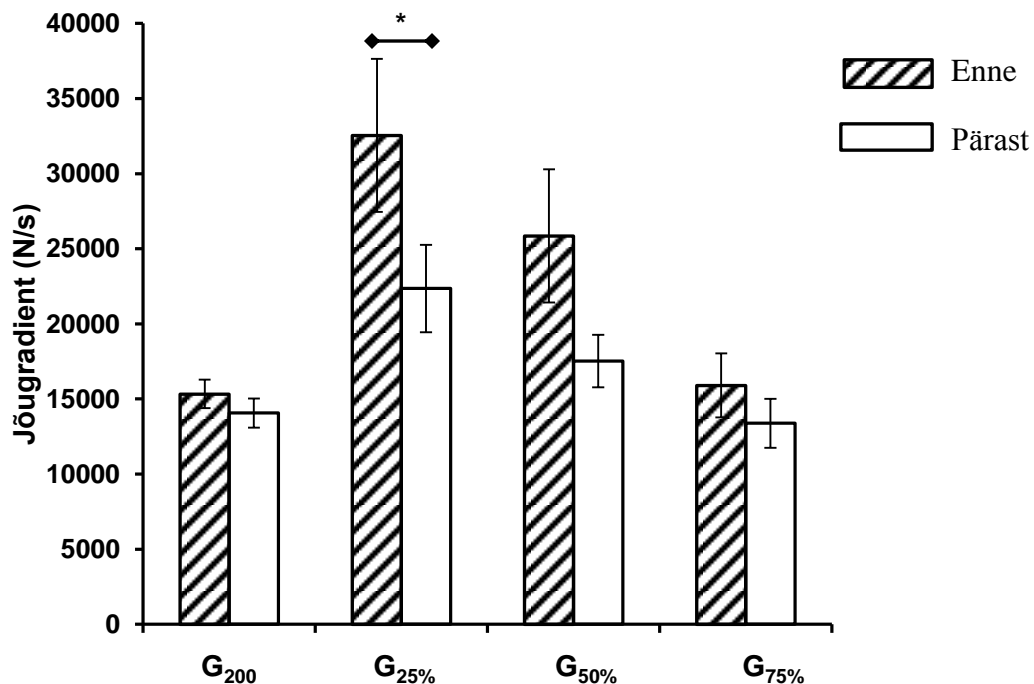
Joonis 8. Subjektiivne väsimus Borgi skaalal enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut (keskmine±SE). *** $p \leq 0,001$.



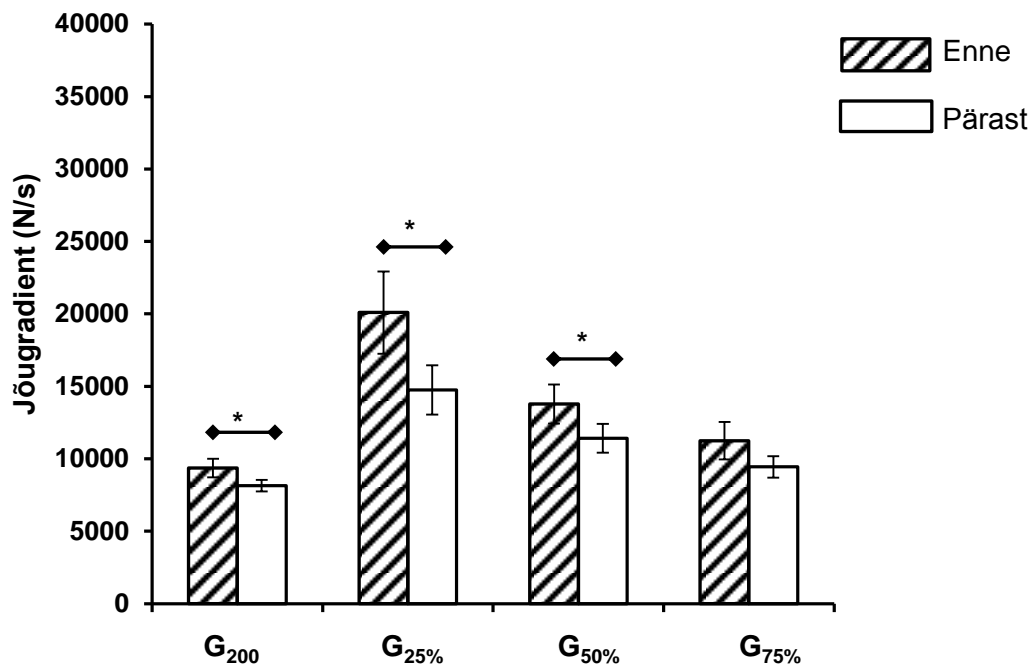
Joonis 9. Alajäsemate sirutajalihaste bilateraalne jõudefitsiit (%) enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut (keskmine±SE).



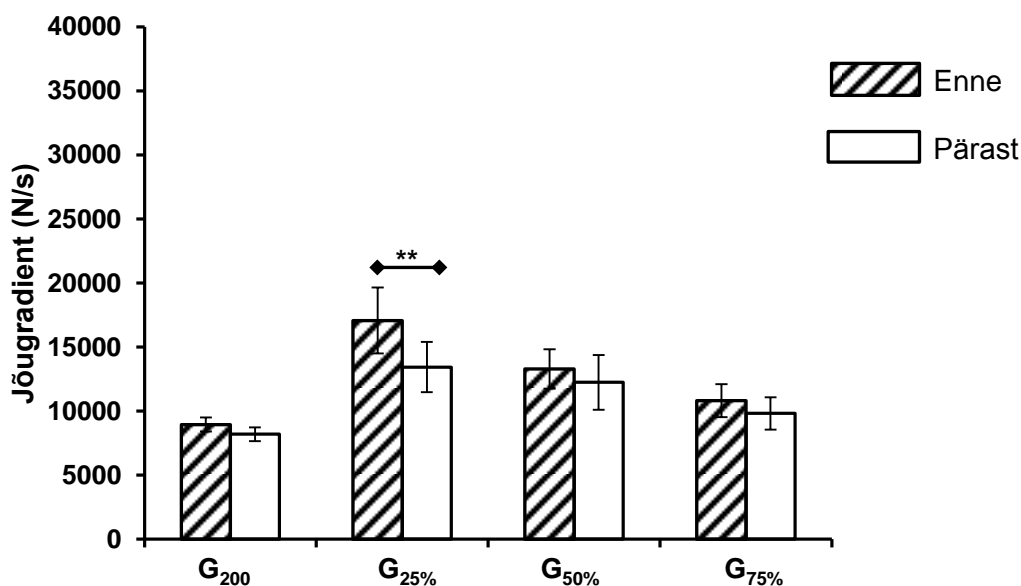
Joonis 10. Alajäsemate sirutajalihaste tahtlisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud jõud (N) bilateraalselt (F_{BL}) ning unilateraalselt dominantsel (F_{dom}) ja mittedominantsel (F_{mdom}) jalal enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut (keskmine \pm SE). * $p \leq 0,05$.



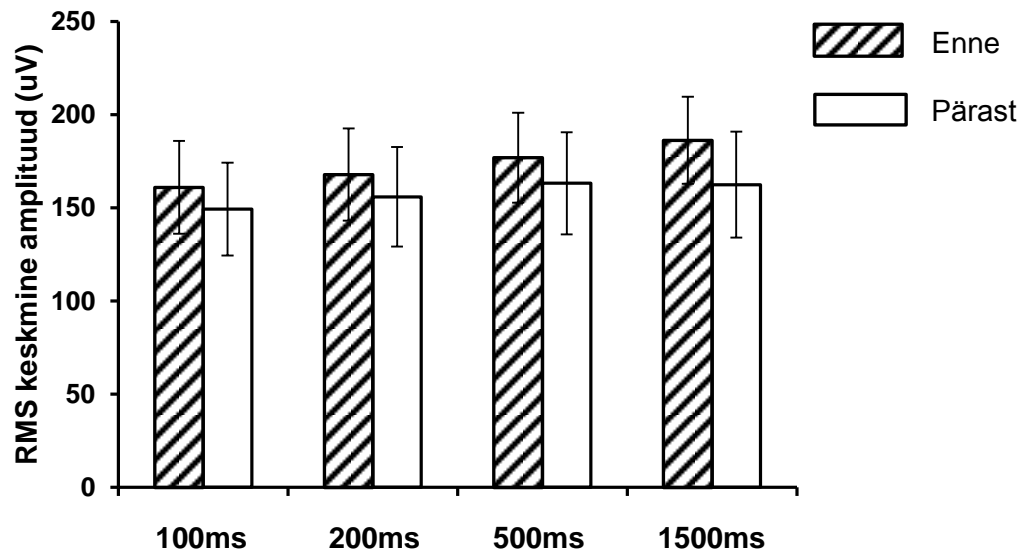
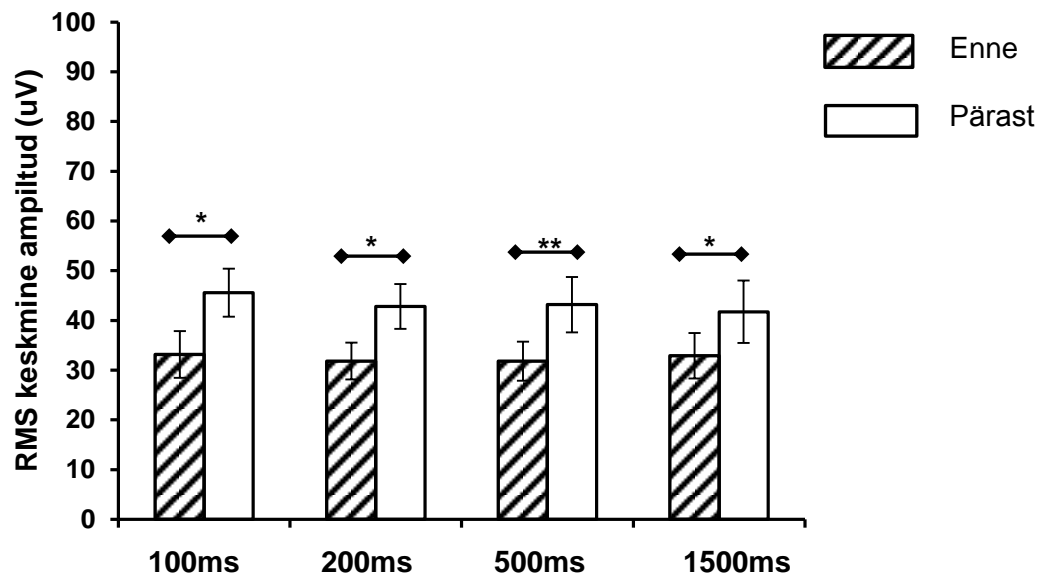
Joonis 11. Alajäsemate sirutajalihaste bilateraalsel (BL) tahtlisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud jõugradiendid (N/s) 200 ms pärast jõuarenduse algust (G_{200}), 25% ($G_{25\%}$), 50% ($G_{50\%}$) ja 75% ($G_{75\%}$) jõuarenduse juures enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut (keskmine \pm SE). * $p \leq 0,05$.



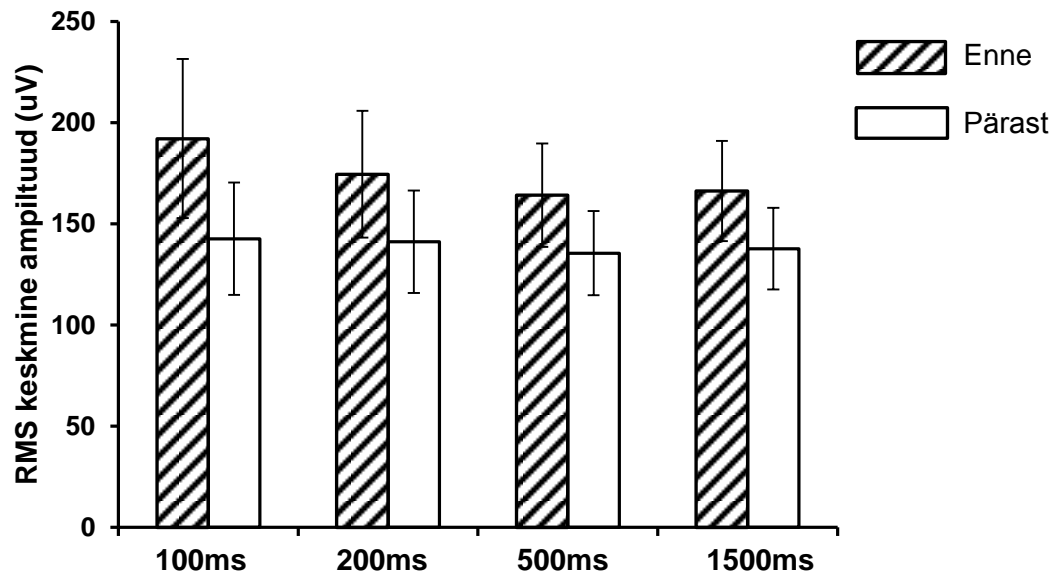
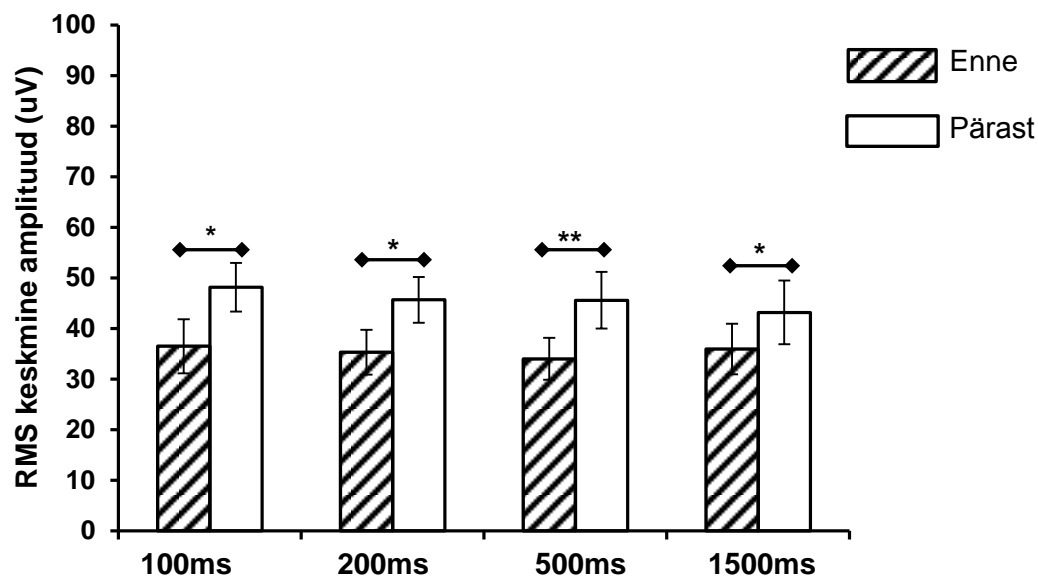
Joonis 12. Domineeriva jala (J_{dom}) sirutajalihaste unilateraalsel (UL) tahtelisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud jõugradiendid (N/s) 200 ms pärast jõuarenduse algust (G_{200}), 25% ($G_{25\%}$), 50% ($G_{50\%}$) ja 75% ($G_{75\%}$) jõuarenduse juures enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut (keskmine \pm SE). * $p \leq 0,05$.



Joonis 13. Mittedomineeriva jala (J_{mdom}) sirutajalihaste unilateraalsel (UL) tahtelisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud jõugradiendid (N/s) 200 ms pärast jõuarenduse algust (G_{200}), 25% ($G_{25\%}$), 50% ($G_{50\%}$) ja 75% ($G_{75\%}$) jõuarenduse juures enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut (keskmine \pm SE). ** $p \leq 0,01$.

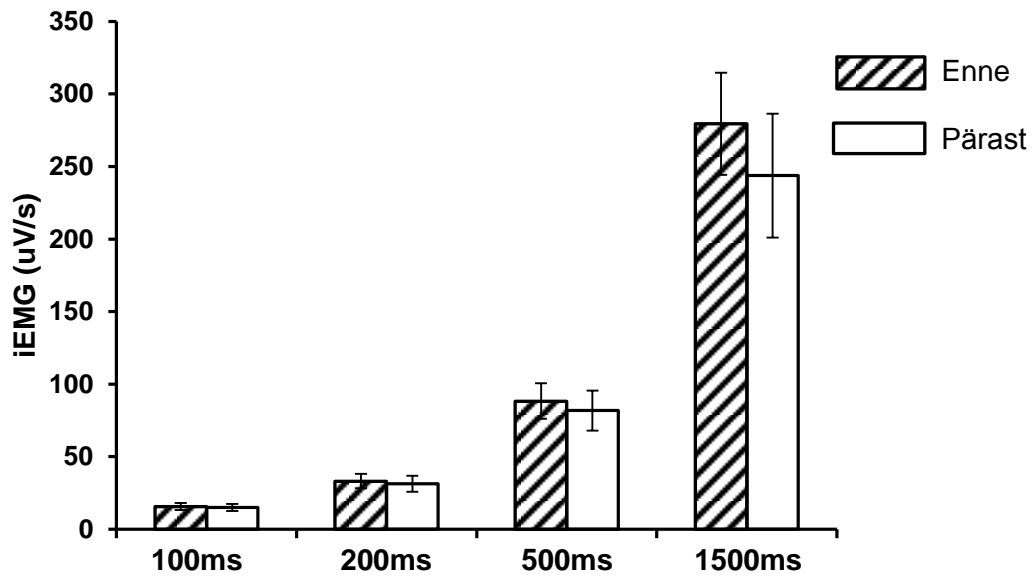
A**B**

Joonis 14. Elektromüograafia meetodil registreeritud domineeriva jala (J_{dom}) *m. rectus femoris*'e (RF; **A**) ja *m. biceps femoris caput longum*'i (BF; **B**) ruutkeskmise (RMS; uV) keskmine ampiltuud bilateraalsel (BL) tahtelisel isomeetrilisel pingutusel enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut 100ms, 200 ms, 500 ms ja 1500 ms pärast jõuarenduse algust (keskmine \pm SE). * $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$.

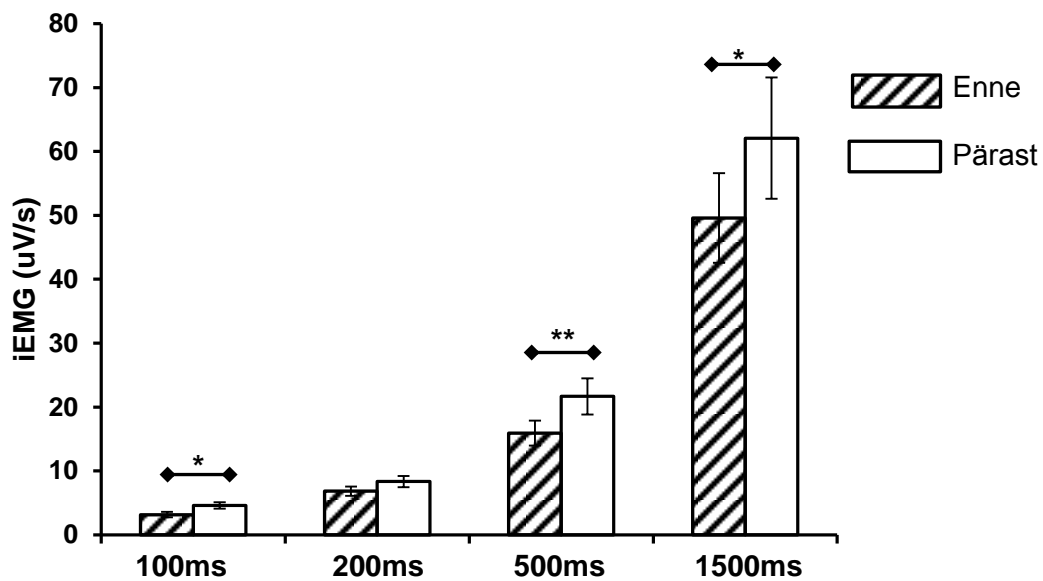
A**B**

Joonis 15. Elektromüograafia meetodil registreeritud domineeriva jala (J_{dom}) *m. rectus femoris*'e (RF; **A**) ja *m. biceps femoris caput longum*'i (BF; **B**) ruutkeskmise (RMS; uV) keskmine ampiltuud unilateraalsel (UL) tahtlisel isomeetrilisel pingutusel enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut 100ms, 200 ms, 500 ms ja 1500 ms pärast jõuarenduse algust (keskmine \pm SE). * $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$.

A

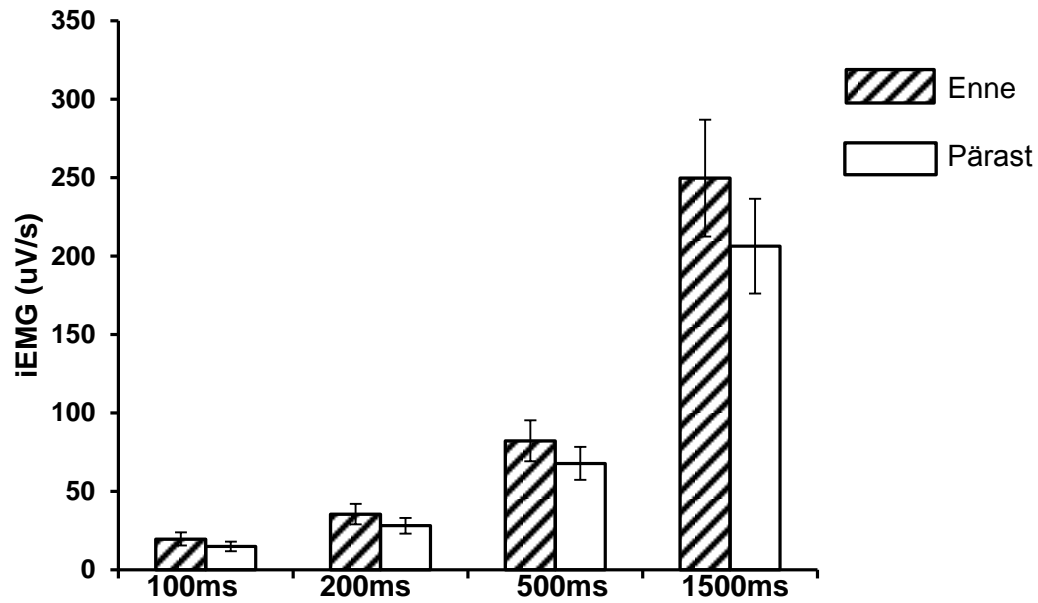


B

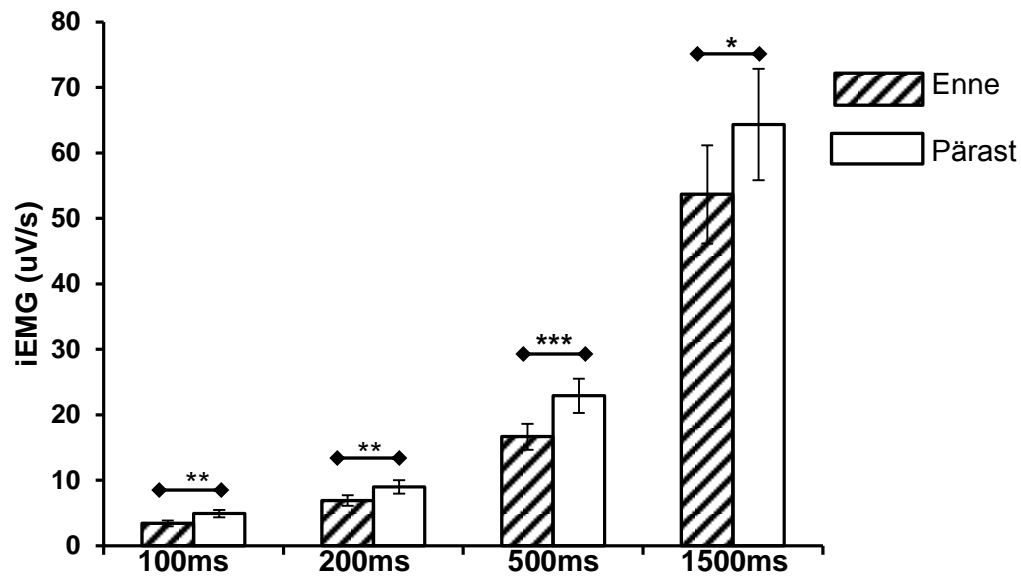


Joonis 16. Domineeriva jala (J_{dom}) *m. rectus femoris*'e (RF; **A**) ja *m. biceps femoris caput longum*'i (BF; **B**) bilateraalsel (BL) tahtlisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud integreeritud elektromüograammi (iEMG; uV/s) näitajad enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut 100ms, 200 ms, 500 ms ja 1500 ms pärast jõuarenduse algust (keskmine \pm SE). * $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$.

A



B



Joonis 17. Domineeriva jala (J_{dom}) *m. rectus femoris*'e (RF; **A**) ja *m. biceps femoris caput longum*'i (BF; **B**) unilateraalsel (UL) tahtelisel isomeetrilisel pingutusel registreeritud integreeritud elektromüograammi (iEMG; uV/s) näitajad enne ja pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut 100ms, 200 ms, 500 ms ja 1500 ms pärast jõuarenduse algust (keskmine \pm SE). * $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$ *** $p \leq 0,001$.

5. ARUTELU

Käesolevas töös uuriti jõutõstjate: a) alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajate seoseid antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajatega ning b) ühekordse maksimaaljõudu arendava küki treeningu mõju alajäsemete sirutajalihaste funktsionaalsele seisundile.

Antud uuringus osalenud jõutõstjate keskmine vanus oli 25,3 a., pikkus 179,9 cm ja kehakaal 96,1 kg. Võrreldes Keogh jt. (2007) jõutõstjate uurimusega jäi uuritud valimi kehakaal kesk- ja raskekaalu jõutõstjate vahepealsesse tsooni.

5.1. Keha koostise ja luutiheduse näitajad

Käesolevas uuringus oli keha rasvaprotsent keskmiselt 17,4% (jalgades J_{dom} 17,6% ja J_{mdom} 17,8%). Keogh jt (2007) said nelja ja kuue nahavoldi mõõtmisel keskaalu tõstjatel (87.7 kg) rasvaportsendiks vastavalt 12,8% ja 14,3%. Raskekaalu (121.9 kg) tõstjatel olid samad näitajad vastavalt 26,4% ja 24,7%. Samas Company ja Ball (2010) poolt uuritud kehakoostise mõõtmise täpsuses erinevate meetodite vahel leidis, et nahavoltide ja DXA mõõtmiste tulemused on üksteisega võrreldavad. Nende valimil olid sarnane keskmine kehakaal (99,6 kg), pikkus (182,9 cm) ja rasvaprotsent (DXA 16,5%; seitsme nahavoldi tulemus 16,9%) võrreldes käesoleva uuringu tulemustega. Keogh jt. (2008) uuringus koguti aga 54 jõutõstja andmed, kus keskmine kehakaal oli $94,2 \pm 21,7$ kg ja rasvaprotsent 17,1%. Suur kehakaalu varieeruvus keskmisest viitab asjaolule, et valimisse olid kaasatud väga erinevate kehakaaludega tõstjad. Samas viitab see suur varieeruvus ka sellele, et käesolevas uuringus olid tõstjate rasvaportsendid kõrgemad. Teisalt olid aga paremad ka küki tulemused (käesolevas uuringus 279 kg vs. 214 kg Keogh jt. 2008), mis osutab sellele, et käesolevast uuringust võtsid osa eliitsemad tõstjad. Samas kui võrrelda saadud keskmist rasvaportsenti Nevill jt. (2002) ja Lee jt. (2012) uurimustega, kus keskmisteks rasvaportsentideks DXA-ga mittesportlastel saadi vastavalt 17,3% ja 22,9%, siis saab väita, et käesolevas uuringus ei olnud jõutõstjatel rasvaportsendid kõrgemad võrreldes tavainimestega. Nevill jt. (2002) valimisse kuulusid veel lisaks tavainimestele 9 spordiala esindajad, kellest madalaim rasvaprotsent saadi jooksjatel (7,8%) ja kõrgeim ragbimängijatel (12,6%). Ühtlasi oli nende spordialade esindajatel vastavalt madalaim ja kõrgeim keskmine kehakaal. Lähtuvalt Nevill jt. (2002), Keogh jt. (2007), Company ja Ball (2010) ja käesolevast uuringust võib oletada, et kõrgema kehakaaluga spordialade või kaalukategooriatega kaasneb ka tõenäolisemalt kõrgem rasvaprotsent.

Lee jt. (2012) poolt läbi viidud uurimus sarnase vanusega meestel nagu antud uuringus näitas, et mittesportlastel, kelle keskmine kehakaal oli 72,4 kg ja KMI 24,0 kg/m² omasid 52,4 kg kogu keha ja 17,6 kg jalgade rasvavabamassi. Sama uuringu vanemate meeste grupi (76,9 a.) puhul jõuti järeldusele, et neil oli märkimisväärselt vähem rasvavabamassi (kogu keha 43,3 kg), eriti alajäsemetes (15,1 kg). Keogh jt. (2007) ja Keogh jt. (2008) jõudsid järeldusele, et jõutõstjad omavad suurt rasvavaba massi ja suurt keha massi pikkuse ühiku kohta. Seda seisukohta kinnitab ka käesolev uuring, kus kogu keha ja alajäsemete rasvavaba mass olid vastavalt 78,0 kg ja 24,0 kg, mis erinevad oluliselt mittesportlaste vastavatest näitajatest. Tsuzuku jt. (1998) uuringuga jõutõstjatest saadi kogu rasvavabaks massiks 57,6 kg. Võrreldes Lee jt. (2012) uurimusega käesolevaid andmeid on selgelt näha, et uuritud jõutõstjatel on võrdluses tavainimestega pikaajalise treeningu tulemusena lisandud rasvavabamassi rohkem nii kogu keha kui ka ainult alajäsemete raames. Tsuzuku jt. (1998) uurimusega erinevus kogu keha rasvavabasmassis tuleneb ilmselt sellest, et käesoleva uuringu jõutõstjatel oli pikaajalisem kogemus jõutõstmises (7,5 a. vs 2,5 a.). Lisaks kehakoostise muutustele pikaajalise jõutreeningu tulemusena võivad sellist erinevust põhjustada Tsuzuku jt. (1998) uurimusega erinevad kehakaalud, toitmuslikud eripärad ja koormus tõstmise treeningutel, vanus, pikkus jms. Samas lähtudes Lee jt. (2012) saadud kehakoostise näitajatest vanematel meestel võib oletada, et jõutõstmise tüüpi jõutreening võib olla efektiivne lihasmassi säilitamisel ja selle kao ennetamisel. Arvestades Keogh jt. (2006) uurimust kus leiti, et jõutõstmises näib olevat keskmisest madalam oht vigastuste tekkeks võrreldes teiste spordialadega (n. ragbi, saali jalgpall), olles sõltumatu tõstja vanusest, kehamassist, soost ja võistlustasemest. Seega vastava professionaalse abiga ja kohandatud koormustega võivad jõutõstmise harjutused sobida hästi rasvavabamassi säilitamiseks ja suurendamiseks vanemas eas.

Jõutreeningu tüüpi tegevuste läbi suureneb luumass tõenäolisemalt kui vastupidavuse tüüpi harjutuste kaudu. Teada on, et luude mineraalainete sisaldust ja luutihedust mõjutavad oluliselt keha suurus ja vanus. Luumassi juurde kasv allub spetsiifilisuse printsiibile: ainult koormatud skeleti piirkonnad saavad mõjutatud harjutustest (Nevill jt. 2002). Seega kompressiivse surve avaldamine luudele läbi suurte raskustega treenimise võib olla efektiivne suurendamiseks luutihedust skeleti koormatud piirkondades. Suur kompressiivne stress ja kohaspetsiifilisus kombineeritult mängivad olulist rolli luutiheduse suurendamisel (Tsuzuku jt., 1998). Näiteks leidis Tsuzuku jt. (1998), et jõutõstjate üldine luutihedus (u. 1,1 g/cm²) on oluliselt suurem mittetreenitutest (u. 1 g/cm²). Antud uuringus

oli tõstjate keskmine luutihedus $1,4 \text{ g/cm}^2$, mis on võrreldes Tsuzuku jt. (1998) uuringu tõstjate omast oluliselt suurem. Üheks erinevuse põhjuseks praeguse uurimusega on kindlasti uuritud tõstjate kehakaal, kuid ka suured erinevused jõutõstmise kogemuses, treeningkoormustes jms., mis mõjutavad ühtlasi ka kogu keha rasvabamassi (mainitud eelmises lõigus).

5.2. Alajäsemete sirutajalihaste jõu seosed antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajatega.

Alajäsemete sirutajalihaste jõu näitajate analüüs antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse andmetega andis mitmeid keskmisi korrelatiivseid seoseid, kuid statistiliselt olulisi seoseid ilmnas vähe. Selle võib ilmselt omistada valimi väiksusele. Nii bi- kui unilateraalsel pingutusel registreeritud alajäsemete sirutajalihaste tahteline isomeetriline maksimaaljõud enne KMJT andis vaid ühe statistiliselt olulise seose kehakoostisega: F_{dom} ja J_{dom} rasvabamassi vahel. See on üllatav, sest lihasjõud on seotud lihasmassiga (Brechue ja Abe, 2002; Garcia-Manso jt. 2008). Oodatav tulemus oleks olnud, et rasvabamass korreleerub statistiliselt oluliselt nii F_{BL} , F_{dom} kui F_{mdom} . Tsuzuku jt. (1998) leidsid positiivsed korrelatsioonid jõutõstjate lülisamba lumbarlülide luutiheduse ja küki, jõutõmbe, küki + jõutõmbe ning kogusumma rekordite vahel. Samas antud uuringus ei leitud statistiliselt olulisi seoseid F_{BL} , F_{dom} , F_{mdom} ja mõõdetud luu näitajate vahel. Võimalik on, et vastav seos luutiheduse ja jõu vahel ilmneb vaid dünaamiliste alajäsemete harjutuste puhul.

F_{BL} registreeritud $G_{75\%}$ ja $G_{50\%}$ korreleerusid statistiliselt oluliselt vanusega ning treeningstaažiga jõutõstmises. See võib viidata sellele, et uuritud jõutõstjad on oma treeningutesse integreerinud plahvatusjõu harjutusi. Swinton jt. (2009) küsitlusest saadud andmetele tuginedes on võimalik, et ka Eesti jõutõstjad kasutavad mainitud uuringus välja tulnud treeningumeetodeid, -vahendeid ja -harjutusi plahvatusliku jõu arendamisel.

5.3. Ühekordse maksimaaljõudu arendava küki treeningu mõju alajäsemete sirutajalihaste funktsionaalsele seisundile

Antud uuringus registreeritud keskmine F_{BL} enne ühekordset KMJT 4330 N. Võrreldes Dopsaj ja Ivanović (2011) uurimusega, kus väga hästi treenitud mitte jõusportlastel mõõdeti sarnast aparatuuri kasutades F_{BL} 3703 N meestel ja F_{BL} 2619 N naistel, mis

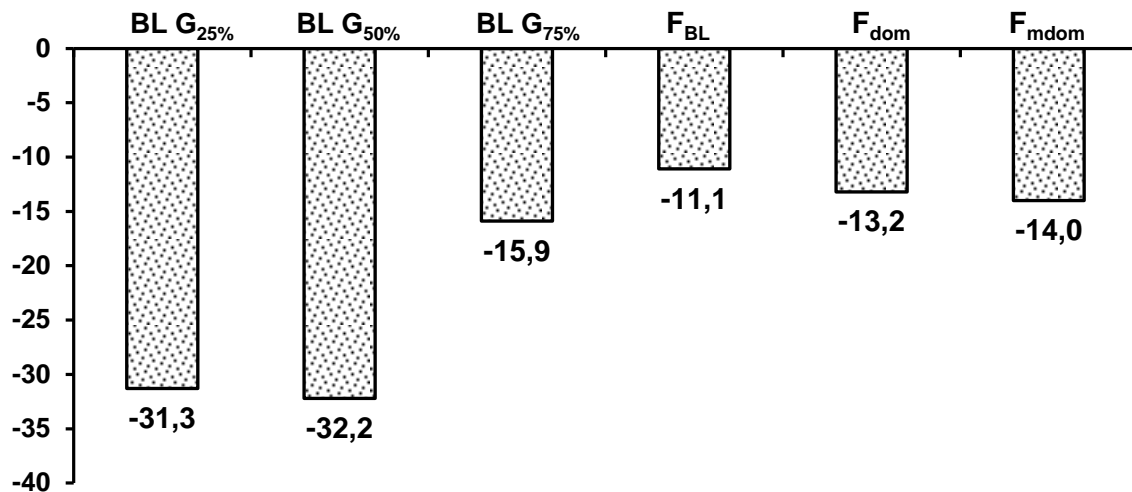
jäävad käesoleva valimile alla vastavalt 14,5% ja 39,5%. Antud uuringus registreeritud keskmiste BL ja UL jõu näitajate langus on toodud joonisel 18. Statistiliselt oluline erinevus jõu languses enne ja pärast ühekordset KMJT leiti F_{BL} ja F_{dom} puhul, kuid mitte F_{mdom} korral. Seega kuigi käesolevas uuringus maksimaalse isomeetrilise jõu testimiste vahel sooritatud ühekordne KMJT nõudis alajäsemete bilateraalseid pingutusi, mis oleks pidanud sümmeetriliselt väsitama võrdselt mõlemat jalga, väsis siiski dominantne jalg rohkem. Sama täheldasid Newton jt. (2006), tuues välja, et kükkimisel on dominantse jala poolt produtseeritud maksimaalne jõud oluliselt suurem mittedominantse jala omast. Jõu tasakaalu puudumine keha poolte vahel võib mõjutada sportlase sooritust, suurendades vigastuse saamise riski või piirates sportlast, sundides teda eelistama enda tugevamat või dominantset kehapoolt. Sellise tasakaalutuse leevendamine võib parandada sportlase sooritust ja vähendada vigastuste tekkimise ohtu (Newton jt. 2006). Jõutõstmises on sellise tasakaalutuse avastamine ja leevendamine kindlasti ülimalt olulise tähtsusega, sest treeningutel tuleb pidevalt ette rohkelt maksimaalseid pingutusi, mis esitavad väga kõrgeid nõudmisi sportlase tugi-liikumisaparaadile. Seda väidet kinnitavad Schoenfeld (2010) ja Ratamess jt. (2009) uurimused, kus tuuakse välja, et jõutõstjad treenivad sagedasti suure vastupanuga ja pikkade pausidega seeriatega vahel ning kogunud tõstjate puhul on jõutreeningul vajalik kasutada vähemalt 80% suurust vastupanu KM-st, et jätkuks edaspidine neuraalne adaptatsioon ja lihasjõu suurenemine. Jõu genereerimine väiksema erinevusega näiteks väikseima võimaliku asümmeetriaga alajäsemete vahel võib pidada ka oluliseks fakotriks hoidumaks enneagsest väsimusest korduvate pingutuste tulemusena (Carpes jt. 2008).

Antud uuringus registreeritud subjektiivse väsimuse näitja Borgi skaalal andis statistiliselt olulise erinevuse, olles 50% kõrgem pärast ühekordset KMJT. Tulemused demonstreerivad selgelt, et ühekordne KMJT (3 seeriat 5 kordusega kükke 80-90%-ga) põhjustas akuutse väsimuse seisundi. Arvestades, et uuritavatel esines asümmeetria jalgade jõu vahel, siis lähtuvalt Carpes jt. (2008) uurimusest võib oletada, et tekkinud väsimus oleks võinud olla väiksem kui jalgade jõud oluks sümmeetrilisem.

Lisaks väsimusele põhjustas KMJT muutusi pingutusel osalenud lihaste aktivatsioonis. Statistiliselt olulisi muutusi enne ja pärast KMJT leiti käesolevas uuringus vaid BF puhul. Kuigi RF-e RMS-i keskmised amplituudid ja iEMG absoluutväärtused olid suurimad igal registreeritud ajamomendil enne ja pärast KMJT võrreldes BF-ga, siis kõikidel bilateraalsetel ja unilateraalsetel pingutustel registreeritud ajalistel momentidel olid RF-e

väärtused nii RMS-i keskmisete amplituudide kui iEMG näol pärast treeningut langenud ning BF-e väärtused tõusnud. Sarnast muutust täheldasid Rejc jt. (2010) ning see muutus omistati neuraalse juhtimise nõrgenemisele RF-e ning muutusetest RF-e ja BF-e koordineerimisele. Lisaks suutsid uuritavad BL-tel pingutustel vähemal määral aktiveerida oma lihaseid võrreldes UL-dega. See ilmselt tuleneb sellest, et BL-d pingutused on iseloomult kesknärvisüsteemi rohkem koormavad kui UL-id (Vandervoort jt. 1984; Rejc jt. 2010). Siit võib järeldada sedagi, et küki treening esitab suuremad nõudmised RF-e võrreldes BF-ga.

Käesolevas uuringus registreeriti BL korral enne ühekordset KMJT G_{200} 15337 N/s, $G_{25\%}$ 32553 N/s. Ivanović jt. (2011) uurimuses registreeriti Serbia kehakultuuri eriala üliõpilastel, kes esindasid erinevaid spordialasid antud uuringuga võrreldavad jõugradiendid G_{250} ja $G_{50\%}$. Meestel olid vastavad näitajad 12077 N/s ja 13532 N/s ning naistel 8202 N/s ja 8996 N/s, mis antud valimiga võrreldes olid vastavalt 21,3% ja 58,4% ning 46,5% ja 72,4% väiksemad. Võrreldes BL jõuarenduse näitjate langust (Joonis 18) pärast ühekordset KMJT on selgelt näha, et treening on kõige rohkem mõjutanud jõuarenduse kiirust. Kahjustus jõuarenduse algetappides võib tuleneda nii tsentraalset kui ka perifeerset väsimusest (Ament & Verkerke, 2009). Vandervoort jt. (1984) toetavad tsentraalse väsimuse komponenti, sest leidsid mootorsete ühikute aktivatsiooni vähenemise bilateraalses võrreldes unilateraalsete maksimaalsete tahtlike kontraktsioonidega. Selline suur langus jõuarenduse algetappides viitab asjaolule, et jõutõstmises on vähemalt küki puhul oluline arendada plahvatuslikku jõudu. Selleks sobib hästi Swinton jt. (2012) uurimuses käsitletud kastile kükk, mille puhul ilmnes väga suur jõu arendamise kiirus. Samas tuginedes Swinton jt. (2009) küsitlusele leiti, et peaaegu pooled Briti eliitjõutõstjatest kasutasid kastile kükki või mingeid muid harjutuste modifitseerimise võimalusi. Seetõttu ei saa välistada, et antud valmis osalenud tõstjad samuti on kasutanud plahvatusliku jõu treeninguid ning selline langus jõuarenduses ongi tänapäeva jõutõstjatel täiesti tavaline.



Joonis 18. Alajäsemete sirutajalihaste jõu näitajate langus protsentides pärast ühekordset küki maksimaaljõudu arendavat treeningut võrreldes treeningu eelse tasemega.

BL – bilateraalne pingutus; G_{25%} – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 25% jõuarenduse juures; G_{50%} – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 50% jõuarenduse juures; G_{75%} – jõugradient tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel 75% jõuarenduse juures; F_{BL} – bilateraalsel pingutusel registreeritud isomeetriline maksimaaljõud; F_{dom} – dominantse jala unilateraalsel pingutusel registreeritud isomeetriline maksimaaljõud; F_{mdom} – mittedominantse jala unilateraalsel pingutusel registreeritud isomeetriline maksimaaljõud.

Hay jt. (2006) uurimuses selgus, et mitte treenitute alajäsemete BLD jalapressi seadmel koormusel üks ja kaks kehakaalu olid vastavalt 16,5% ja 16,7%, mis näitab BLD sõltumatust koormusest. Janzen jt. (2006) leidsid jõutreenimata katsealustel, et bilateraalne jõutreening vähendab BLD (jalapressis algselt 12,7%) pärast bilateraalsel treeningperioodi (3 korda nädalas 26 nädala vältel) statistiliselt oluliselt. Sama täheldas ka Taniguchi (1998). Janzen jt. (2006) kasutasid katses lisks jalapressi harjutusele ploki tõmmet rinnale ja sääresirutust ning järeldasid, et BLD on eksperimentaalse katseaparatuuri spetsiifiline avaldudes tõenäolisemalt harjutuste korral, mis hõlmavad korraga mitut liigest. Seda toetab Kuruganti jt. (2011) uurimus, kus kasutati testimisel sääresirutuse harjutust. Taniguchi (1998), Hay jt (2006), Janzen jt. (2006) ja Kuruganti jt. (2011) uurimused erinevalt käesolevast ei eeldanud katsealustelt maksimaalselt kiireid pingutusi testimisel. Seda uurisid Rejc jt. (2010) ning leidsid, et BLD esineb alajäsemete plahvatuslike pingutuse korral. Antud uuringus oli alajäsemete BLD enne ühekordset KMJT 6,9% ja pärast 5,4%,

mis on oluliselt väiksemad näitajad kui Hay jt. (2006) ja Janzen jt. (2006) uurimustes. Samas kuna tegu oli ülimalt treenitud valimiga, siis ilmselt omab ühekordne alajäsemete bilateraalne treening vähe mõju alajäsemete BLD vähenemisele. Kuna antud uuringu tõstjad treenisid keskmiselt 9,9 tundi ja üldine kogemus jõutõstmises (eeldab iganädalaselt suurel hulgal bilateraalseid pingutusi) oli 7,5 a., siis võib eeldada, et nende alajäsemete BLD on stabiliseerunud kindlale tasemele.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et jõutõstjad on omandanud pikaajalise adaptatsiooni tulemusena jõutreeningule suure luutiheduse, rasvavaba massi nii kogu kehas kui alajäsemetes ning omavad head jõuarendamise kiiruse võimet, suurt alajäsemete jõudu ja väikest bilateraalist jõudefitsiiti. Teadaolevalt on tegu esimese uurimusega, mis hindab ühekordse küki maksimaaljõudu arendava treeningu mõju alajäsemete sirutajalihaste funktsionaalsele seisundile ja pikaajalise treeningu tulemusena kujunenud adaptatsioone kehakoostises tervikuna jõutõstjatel.

6. JÄRELDUSED

1. Võrreldes käesoleva uuringu andmeid kirjandusega selgus, et staažikaid jõutõstjaid iseloomustab väike alajäsemete sirutajalihaste bilateraalne jõudefitsiit, väga suur rasvavabamass kogu kehas ja alajäsemetes ning kõrge luutihedus.
2. Korrelatsioonanalüüs näitas suhteliselt vähe olulisi seoseid alajäsemete isomeetrilise maksimaal- ja plahvatusliku jõu ning antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajate vahel. Kõige tugevamalt seostusid jõu parameetritega dominantse jala lihasmass, vanus ja treenigstaaž jõutõstmises.
3. Ühekordne maksimaalset jõudu arendav küki treening põhjustab alajäsemete sirutajalihaste plahvatusliku jõu languse eelkõige jõu genereerimise algfaasis (25% jõuarendamise juures).
4. Pärast ühekordset küki maksimaalset jõudu arendavat treeningut ilmnes *m. biceps femoris caput longum*'i bioelektrilise aktiivsuse oluline suurenemine nii domineeriva jala uni- kui ka bilateraalsel pingutusel, mis viitab antagonistlihaste koaktivatsiooni tõusule väsimuse tingimustes..
5. Ühekordne küki maksimaalset jõudu arendav treening põhjustab jõutõstjatel märgatava väsimustunde suurenemise.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Ament, W;** Verkerke, G.J (2009). Exercise and fatigue. *Sports Medicine*, Vol. 39(5):389–422
2. **Anderburgh, P. M;** Batterham, A. M (1999). Validation of the Wilks powerlifting formula. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 31(12): 1869–1875
3. **Andreoli, A;** Scalzo, G; Masala, S; Tarantino, U; Guglielmi, G (2009). Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Radiol med*, Vol. 114(2):286–300
4. **Borg G. A. V.** Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Champaign IL: Human Kinetics; 1998.
5. **Brechue, W.F;** Abe, E.T (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 86:327–336
6. **Carpes, F.P;** Bini, R.R; Mota, C.B (2008). Training level, perception and bilateral asymmetry during multi-joint leg-press exercise. *Brazilian Journal of Biomotricity*, Vol. 2: 51–62
7. **Company, J;** Ball, B (2010). Body Composition Comparison: Bioelectric Impedance Analysis with Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in Adult Athletes. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, Vol. 14:186–201
8. **Dopsaj, M;** Ivanović, J (2011). The Analysis of the Reliability and Factorial Validity in the Basic Characteristics of Isometric F-t curve of the Leg Extensors in Well Trained Serbian Males and Females. *Measurement Science Review*, Vol. 11(5): 165–172
9. **Fry, C.A;** Webber, J.M; Weiss, L.W; Harber, M.P; Vaczi, M; Pattison, N.A (2003). Muscle Fibre Characteristics of Competitive Power Lifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 17(2):402–410
10. **Garcia-Manso, J.M;** Martin-Gonzalez, J.M; Da Silva-Grigoletto, M.E; Vaamonde, D; Benito, P; Calderon, J(2008). Male powerlifting performance described from the viewpoint of complex systems. *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 251: 498–508
11. **Hay, D;** Souza, V.A; Fukashiro, S (2006). Human bilateral deficit during a dynamic multi-joint leg press movement. *Human Movement Science*, Vol. 25: 181–191
12. **Henry, F.M;** Smith, L.E (1961). Simultaneous vs. separate bilateral muscular contractions in relation to neural overflow theory and neuromotor specificity. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, Vol. 32:42–47

13. **IPF** (International Powerlifting Federation). Technical Rules book of the International Powerlifting Federation, 2012.

<http://www.powerlifting->

[ipf.com/fileadmin/data/Technical_Rules/IPF_Technical_Rules_Book_01.12.12.pdf](http://www.powerlifting-ipf.com/fileadmin/data/Technical_Rules/IPF_Technical_Rules_Book_01.12.12.pdf),
06.12.2012.

14. **Ivanović, J;** Dopsaj, M; Ćopić, N; Nešić, G (2011). Is there a relation between maximal and explosive leg extensors isometric force ? *Facta Universitatis*, Vol. 9(3):239–254

15. **Janzen, C.L;** Chilibeck, P.D; Davison, K.S (2006). The effect of unilateral and bilateral strength training on the bilateral deficit and lean tissue mass in post-menopausal women. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 97(3):253–260

16. **Keogh, J.W.L;** Hume, P.A; Pearson, S.N; Mellow, P (2008). To what extent does sexual dimorphism exist in competitive powerlifters? *Journal of Sports Sciences*, Vol. 26(5):531–541

17. **Keogh, J.W.L;** Hume, P.A; Pearson, S.N; Mellow, P (2007). Anthropometric dimensions of male powerlifters of varying body mass. *Journal of Sports Sciences*, Vol. 25(12):1365–1376

18. **Keogh, J;** Hume, P.A; Pearson, S (2006). Retrospective injury epidemiology of one hundred one competitive Oceania power lifters: the effects of age, body mass, competitive standard, and gender. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 20(3):672–681

19. **Kuruganti, U;** Murphy, T; Pardy, T (2011). Bilateral deficit phenomenon and the role of antagonist muscle activity during maximal isometric knee extensions in young, athletic men. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 11(7):1533–1539

20. **Kuruganti, U;** Parker, P; Rickards, J; Tingley, M; Sexsmith, J (2005). Bilateral isokinetic training reduces the bilateral leg strength deficit for both old and young adults. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 94(1-2):175–179

21. **Lee, Y;** Shin, H; Vassy, J.L; Kim, J.T; Cho S.I; Kang, S.M; Choi, S.H; Kim, K.W; Park, K.S; Jang, H.C; Lim, S (2012). Comparison of regional body composition and its relation with cardiometabolic risk between BMI-matched young and old subjects. *Atherosclerosis*, Vol. 224:258–265

22. **Marchetti, P.H;** Uchida, M.C (2011). Influence of Unilateral Fatigue of Lower Limbs on the Bilateral Vertical Jump. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Vol.17(6):401-404
25. **Nana, A;** Slater, G.J; Hopkins, W.G; Burke, L.M (2012). Techniques for Undertaking Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Whole-Body Scans to Estimate Body Composition in Tall and/or Broad Subjects. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, Vol. 22(5):313–322
26. **Naso, Di J.J;** Pritschet, B.L; Emmett, J.D; Owen, J.D; Willardson, J.M; Beck, T.W; DeFreitas, J.M; Fontana, F.E (2012). Comparing thigh muscle cross-sectional area and squat strength among national class Olympic weightlifters, power lifters, and bodybuilders. *International SportMed Journal*, Vol. 13(2):48-57
27. **Nevill, A.M;** Holder, R.L; Stewart, A.D (2003). Modeling elite male athletes' peripheral bone mass, assessed using regional dual x-ray absorptiometry. *Bone*, Vol. 32: 62–68
28. **Newton, R.U;** Gerber, A; Nimphius, S; Shim, J.K; Doan, B.K; Robertson, M; Pearson, D.R; Craig, B.W; Häkkinen, K; Kraemer, W.J (2006). Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 20(4):971–977
29. **Ratamess, N.A;** Alvar, B.A; Evetoch, T.K; Housh, T.J; Kibler, B.W; Kraemer, W.J; Triplett, N.T (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 41(3):687–708
30. **Rejc, E;** Lazzer, S; Antonutto, G; Isola, M; Prampero, P.E (2010). Bilateral deficit and EMG activity during explosive lower limb contractions against different overloads. *European Journal of Applied Physiology*, Vol.108:157–165
31. **Schoenfeld, B.J** (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 24(10):2857–2872
32. **St Clair Gibson, A;** Baden, D.A; Lambert, M.I; Lambert, E.V; Harley, Y.X; Hampson, D; Russell, V.A; Noakes, T.D (2003). The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Medicine*, Vol. 33(3):167–176

33. **Swinton, P.A;** Lloyd, R; Keogh, J.W.L; Agouris, I; Stewart, A.D (2012). A Biomechanical Comparison of the Traditional Squat, Powerlifting Squat, and Box Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 26(7)/1805–1816
34. **Swinton, P.A;** Lloyd, R; Agouris, I; Stewart, A (2009). Contemporary training practices in elite British powerlifters: survey results from an international competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 23(2):380–384
35. **Tan, B** (1999). Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men: A Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 13(3):289–304
36. **Taniguchi, Y** (1998). Relationship between the modifications of bilateral deficit in upper and lower limbs by resistance training in humans. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 78:226–230
37. **Tsuzuku, S;** Ikegami, Y; Yabe, K (1998). Effects of High-Intensity Resistance Training on Bone Mineral Density in Young Male Powerlifters. *Calcified Tissue International*, Vol. 63:283–286
38. **Vandervoort, A.A;** Sale, D.G; Moroz, J (1984). Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 56(1):46–51
39. **Wretenberg, P;** Feng, Y; Arborelius, U.P (1996). High- and low-bar squatting techniques during weight-training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 28(2):218–224

Leg extensor muscles isometric strength in powerlifters: association with body composition and bone parameters, and changes after single squat training

Marko Mumm

SUMMARY

The aim of this study was to ascertain: a) relations between lower extremities extensor muscles isometric strength, anthropometric, body composition and bone mass density parameters in powerlifters and b) effect of a single workout aimed to improve maximum force of the squat to the functional condition of lower extremities extensor muscles. We studied 12 male powerlifters with average experience of 7,5 years. Body composition and bone parameters were measured by DXA. Leg extensor muscles were tested on a isometric leg press machine. Electromyographic measures were taken on leg extensor muscles.

Conclusions:

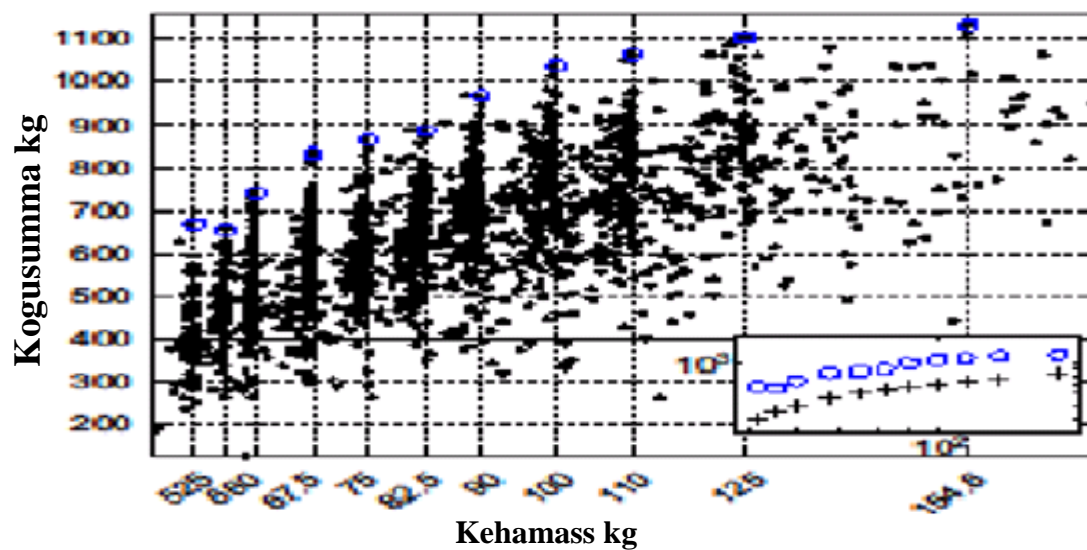
1. Comparing present research to available literature it became apparent that experienced powerlifters are characterised by small bilateral strength deficit of the lower extremities extensor muscles, very large fat free mass throughout the body as well as in the lower extremities and high bone mass density.
2. Correlation analysis showed relatively few statistically significant connections between the lower extremities maximum and explosive strength to anthropometrical parameters, body composition and bone mass density. The strongest connections with strength parameters were ascertained with dominant leg muscle mass, age and experience in powerlifting.
3. A single workout aimed to improve maximum force of the squat causes a decrease of the lower extremities explosive strength foremost in the initial phase of rate force developed (at 25% of rate force developed).
4. Significant increase in the bioelectrical activity of the *m. biceps femoris caput longum* was found after a single workout aimed to improve maximum force in both unilateral and bilateral effort of the dominant leg, which refers to an increase of antagonist muscles coactivation in conditions of fatigue.
5. A single workout aimed to improve maximum force of the squat causes a significant increase in the sensation of fatigue in experienced powerlifters.

LISAD

Võistlevate Okeaania jõutõstjate üldised antropomeetrilised karakteristikud (keskmine±standardhälve) (Keogh jt. 2007).

	Kergekaal (n=9)	Keskkaal (n=30)	Raskekaal (n=15)
Pikkus (cm)	163.0±7.2 ^{a,b}	174.7±4.9	174.7±9.6
Kehamass (kg)	68.9±7.9 ^{a,b}	87.7±6.9 ^b	121.9±17.2
Mass (S4 fraktsioneeritud osad) (kg)	67.4±4.9 ^{a,b}	84.1±5.0 ^b	105.2±13.6
S4SF (mm)	38.3±21.3 ^b	40.8±14.8 ^b	85.2±31.7
S6SF (mm)	59.0±29.0 ^b	64.4±17.0 ^b	128.2±35.4
Keharasv (%) (lähtudes S4SF)	12.1±6.1 ^b	12.8±3.0 ^b	26.4±8.5
Keharasv (%) (lähtudes S6SF)	13.7±6.8 ^b	14.3±3.4 ^b	24.7±6.2
Endomorfsus	3.2±1.8 ^b	3.2±0.9 ^b	6.3±1.6
Mesomorfsus	7.5±1.6 ^b	8.0±1.3 ^b	10.7±1.7
Ektomorfsus	1.1±1.1 ^b	0.7±0.6 ^b	0.1±0.0
Muscle mass (kg)	33.0±4.1 ^{a,b}	39.0±4.2 ^b	48.2±5.1
Fraktsioneeritud rasvmass (kg)	6.6±1.9 ^b	8.5±1.9 ^b	15.4±4.3
Fraktsioneeritud residuaalne mass (kg)	17.0±2.0 ^{a,b}	20.9±1.4 ^b	25.0±3.4
Fraktsioneeritud luumass (kg)	11.3±1.1 ^{a,b}	14.2±1.2 ^b	16.7±2.2
Fraktsioneeritud lihasmass (kg)	32.5±3.8 ^{a,b}	40.5±2.5 ^b	48.1±6.1
Fraktsioneeritud rasvmass (%)	9.8±3.2 ^b	10.1±1.9 ^b	14.5±3.0
Fraktsioneeritud residuaalne mass (%)	25.3±3.1	24.8±1.2	23.8±1.1
Fraktsioneeritud luumass (%)	16.8±1.3	16.9±1.2	15.9±1.5
Fraktsioneeritud lihasmass (%)	48.1±3.2	48.2±2.2 ^b	45.8±2.4

Märkus: S4 fraktsioneeritud osad on nelja osamassi summa (rasv, residuaal, luu ja lihas). S4SF ja S6SF on vastavalt nelja ja kuue nahavoldi summad. ^a ja ^b tähendavad statistiliselt olulist erinevust vastavalt kesk- ja raskekaalustõstjatest (Keogh jt. 2007).



Saavutatud kolme jõutõste kogusummad vastandatult kehakaaludele. Ringid esindavad kõrgeimaid tulemusi. Joonise lisas on log-log graafik keskmistest tulemustest iga kaalukategooria lõikes (Garcia-Manso et. al. 2008).

BORG skaala väsimusastme tunnetuslikuks hindamiseks

6	Väsimus puudub
7	Eriti kerge
8	
9	Väga kerge
10	
11	Kerge
12	
13	Parajalt raske (tunned väsimust)
14	
15	Raske
16	
17	Väga raske (väga väsitav, tunned suurt väsimust)
18	
19	Ülimalt väsitav (ei suuda kaua selle koormusega jätkata)
20	Maksimaalne väsimus

Uuritava informeerimise leht

Töö teema: Alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajad jõutõstjatel: seos keha koostise ja luutihedusega ning muutused ühekordse maksimaaljõudu arendava treeningu mõjul.

Töö eesmärgiks on selgitada välja võistlevatel jõutõstjatel, kelle parim võistlustulemus on suurem kui 400 kilokalorit: a) seosed alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu, antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajate vahel jõutõstjatel ning b) ühekordse maksimaaljõudu arendava kükki treeningu mõju alajäsemete sirutajalihaste funktsionaalsele seisundile.

Töö ülesanded:

1. Määrata antropomeetrilised, keha koostise ja luutiheduse näitajad.
2. Määrata alajäsemete sirutajalihaste isomeetrilise jõu näitajad uni- ja bilateraalsel pingutusel enne ja pärast ühekordset kükki maksimaalset jõudu arendava treeningut.
3. Selgitada alajäsemete sirutajalihaste jõu näitajate seosed antropomeetriliste, keha koostise ja luutiheduse näitajatega, kasutades korrelatsioonanalüüsi.
4. Hinnata subjektiivset väsimustunnet enne ja pärast ühekordset kükki maksimaalset jõudu arendavat treeningut.
5. Määrata reie- ja säärelihaste elektromüograafilise aktiivsuse näitajad alajäsemete sirutajalihaste maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel enne ja pärast ühekordset kükki maksimaalset jõudu arendavat treeningut.

Uuringu korraldus:

Uuring viiakse läbi kolmes kohas: TÜ kinesioloogia ja biomehaanika laboris, TÜ Chemicumi DXA uuringu kabinetis ning TÜ ASK tõstesaalis.

1. Pärast uuringus osalemise nõusolekut tuleb täita **üldandmete küsitlusleht**.
2. **Antropomeetriliste mõõtmistega** määratakse kehapikkus Martini metallantropomeetriga ja kehamass elektroonilise kaaluga. Saadud tulemusi kasutatakse kehamassiindeksi arvutamiseks. Lufkini tagasikeritava meetersüsteemis mõõdulindiga määratakse mõlema jala pikkused ja reie ümbermõõdud. Keha rasvaprotsent, rasvamass, rasvavaba mass, vasaku ja parema jala lihas- ja luumass ning luutihedus määratakse Tartu Ülikooli Chemicumis DXA meetodil. Keha

koostise mõõtmise ajal lamad selili, käed all küljel ning kogu keha skanneeritakse alustades peast ja lõpetades varvastega. Kogu protseduur kestab 6 – 7 min. sõltuvalt Sinu pikkusest.

3. **Isomeetrilist dünamomeetriat** kasutatakse isomeetrilise maksimaaljõu ja jõugradientide määramiseks alajäsemete sirutajalihaste bilateraalsel ja mõlema jala unilateraalsel pingutusel dünamomeetrilisel pingil enne ja pärast küki maksimaalse jõu treeningut. Esimesele testimisele eelneb individuaalne soojendus kestvusega umbes 10-15 min. Testi sooritamisel surud jalaga või jalgadega dünamomeetriga ühendatud plaadile, pingutades maksimaalse tugevusega alajäset või –jäsemeid. Pingutus algab silmade ees oleva lambi süttimisel ja lõppeb lambi kustumisel. Testi sooritad kõigepealt mõlema jalaga korraga e. bilateraalse pingutusena, siis dominantse ning seejärel mittedominantse jalaga eraldi e. unilateraalse pingutusena. Kõikide testi variantide puhul sooritad 3 katset, millest arvesse läheb parima katse tulemus. Katsed sooritad maksimaalselt kiirete pingutustena ajaliste kestvustega u. 2-3 s, millede vaheline puhkepaus kestab u. 1 min. Testimist viiakse läbi kahel korral: enne ja pärast küki maksimaaljõudu arendavat treeningut.
4. **Elektromüograafilised mõõtmised** teostatakse dominantse jala reie sirglihase (*m. rectus femoris*), reie kakspealihase pikka pea (*m. biceps femoris caput longum*), sääre eesmise lihase (*m. tibialis anterior*) ja lestlihase (*m. soleus*) peal esimese ja teise isomeetrilise dünamomeetria ajal. Selleks määratakse dominantsel jalal palpeerimise teel reie sirglihas, reie kakspealihase pikk pea, sääre eesmine lihas ja lestlihas. Nahapind puhastatakse piiritusega, seejärel asetatakse nende lihaste kõhtudele bipolaarsed (Noraxon Dual Electrodes) EMG elektroodid.
5. **Väsimuse subjektiivne hindamine** BORG'i skaalal, mille abil hindad kahel korral subjektiivselt oma hetke väsimusseisundit: enne esimest ja teist testimist dünamomeetrilisel pingil. Number 6 tähistab seisundit “väsimus puudub” ja number 20 seisundit “maksimaalne väsimus”.
6. **Küki maksimaalset jõudu arendav treening.** Treening toimub dünamomeetrilisel pingil sooritatava kahe testimise vahepeal. Sooritad küki treeningu, mis koosneb 3 tööseeriast 5 kordusega igas seerias ning vastupanu võrreldes KM-ga on vahemikus 80-90%. Tööseeriatele eelnevad soojendusseeriad kergemate raskustega. Sooritad täiskükke st. puusaliiges liigub kükkimise ajal allapoole põlveliigest. Kangi paiknemine vastavalt jõutõste kükile st. kang paikneb abaluude kohal ja deltalihas tagaosas seljal. Puhkepaus seeriade vahel on u. 3-5 min. Kasutada tohib tõstevööd.

Uuringu käigus saadud andmeid kasutatakse ainult teaduslikel eesmärkidel ning publitseerimisel tagatakse osalejate anonüümsus. Iga uuringus osaleja saab tutvuda oma uuringutulemustega ning küsida selgitusi uurijalt. Soovi korral on võimalik saadud andmetest teha koopia.

Uuringus osalemine on vabatahtlik ning uuritav võib katkestada oma osalemise uuringus mistahes ajahetkel.

Lisa 5

Teadliku nõusoleku ankeet

Mind,, on informeeritud käesoleva uuringu eesmärkidest, korraldusest, kasutatavast metoodikast ja minu õigustest ning kinnitan antud uuringus osalemist enda allkirjaga teadmisega, et minu andmeid kasutatakse ainult teadustöö tarbeks.

Minu telefoni nr:

Minu e-mail:

Olen teadlik, et vajadusel saan lisainformatsiooni Tartu Ülikooli magistrandilt Marko Mummilt (Ujula 1-23; Tartu 51008; tel. 55 931 098; e-mail: marko.mumm@hotmail.com).

..... 20.... a.

(kuupäev)

Uuritava allkiri

Üldandmete küsitlusleht

..... 20... a.

Nimi:

Vanus (päev;kuu;aasta):

Kehapikkus (cm):

Kehamass (kg):

Parim saavutatud võistlustulemus wilks'i punktides ajavahemikus (01.01.2011-01.01.2013):

Parim saavutatud küki võistlustulemus varustusega ajavahemikus (01.01.2011-01.01.2013):

Hetkel olev küki maksimum varustusega (1 KM):

Vigastuste ajalugu (alaseljas; jalgades):

.....

.....

Dominantne jalg (millise jalaga eelistad palli löüa?):

Treeningstaaž jõutõstmises (a.):

Üldine treeningstaaž (a.):

Treeninguid nädalas (h):

Allkiri: